Beiträge zur Kenntnis pharmazeut. wichtiger Gentiana-Wurzeln

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

RENÉ OSTERWALDER

AUS AARAU

WOHLEN :: KT. AARGAU
BUCHDRUCKEREI KASIMIR MEYER'S SÖHNE
:: 1919 ::

Beiträge zur Kenntnis pharmazeut. wichtiger Gentiana-Wurzeln

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

VORGELEGT VON

RENÉ OSTERWALDER

AUS AARAU

WOHLEN :: KT. AARGAU
BUCHDRUCKEREI KASIMIR MEYER'S SÖHNE
:-: 1919 :-:

Genehmigt von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät auf Antrag der Herren Professoren Dr. H. ZÖRNIG und Dr. G. SENN.

Basel, den 27. Juni 1918.

Prof. Dr. A. L. BERNOULLI
Dekan.

MEINEN LIEBEN ELTERN GEWIDMET

Die Dissertation entstand in der pharmazeutischen Anstalt der Universität Basel unter der Leitung des Herrn Prof. H. ZÖRNIG.

Ich halte es für meine Pflicht, Herrn Prof. H. Zörnig für die zahlreichen Ratschläge und Weisungen, die er mir im Laufe der Arbeit erteilte, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Zu vielem Dank bin ich auch all denjenigen verpflichtet, die mir bei der Beschaffung des vielen frischen Pflanzenmaterials behilflich waren, ganz besonders Herrn Karl Benziger, Förster aus Einsiedeln, der mit unermüdlichem Eifer für mich arbeitete.

Das Kuratorium der Flückiger-Stiftung hat die Arbeit in höchst verdankenswerter Weise durch einen grössern Beitrag an die Kosten der Abbildungen unterstützt.

EINLEITUNG

Alle Arzneibücher Europas führen Radix gentianae als offizinelle Droge. Es ist dabei auffallend, dass, während eine grosse Zahl von Pharmakopöen nur Gentiana lutea als Stammpflanze bezeichnen, andere auch Rhizom und Wurzeln von Gentiana purpurea L., Gentiana punctata L. und Gentiana Pannonica Scop. mit Gentiana lutea L. offizinell erklären oder doch wenigstens als gleichwertig zulassen. (Siehe Tafel unter Abschnitt Handelsware.)

Bei der hervorragenden Bedeutung des gelbblühenden Enzians ist es natürlich, dass die Literatur über diese Pflanze besonders gross ist, während über Gentiana purpurea, punctata und Pannonica wohl viele kurze, aber nie eingehende, dabei vielfach sich widersprechende Angaben vorhanden sind.

Die anatomischen Verhältnisse von Gentiana lutea wurden zuerst von Berg (Lit .1 und 2) eingehend beschrieben, doch stimmen seine Angaben nur zum Teil mit der Wirklichkeit überein, worauf schon A. Meyer hinweist.

Arth. Meyer (Lit. 20) befasste sich dann eingehend sowohl mit der Morphologie wie mit der Anatomie des gelbblühenden Enzians, wobei die Entwicklungsgeschichte besondere Berücksichtigung fand. Diese Arbeit war nicht nur für die Zeit ihres Erscheinens von Bedeutung, sondern wurde auch die Grundlage für die Morphologie und Anatomie von Radix gentianae in den bis heute erschienenen pharmakognostischen Werken, Lehrbüchern und Atlanten. — Eine ziemlich eingehende Zusammenfassung alles dessen, was bis in die letzte Zeit über Radix gentianae gearbeitet wurde, bringt A. Tschirch in seinem Handbuch der Pharmakognosie (Lit. 27), wobei besonders auch der chemische Teil berücksichtigt ist.

In allen diesen Arbeiten sind Gentiana purpurea, punctata und Pannonica entweder gar nicht, oder nur wenig behandelt. Das ganze Resultat dieser Untersuchungen kann in Meyers Worte zusammengefasst werden, dass „nur sehr geringe Unterschiede“ gegenüber Gentiana lutea nachzu-

weisen seien. Worin diese geringe Verschiedenheit besteht, ist nirgends angegeben, da es den Forschern, wie z. B. Berg und Meyer selbst aussagen, meist am nötigen frischen Pflanzenmaterial fehlte.

Dass sich ein schweizerisches Institut für die Bearbeitung von Radix gentianae besonders eignet, geht daraus hervor, dass in unserem Lande Gentiana lutea und purpurea reichlich, Gentiana punctata zerstreut vorkommt, und nur Gentiana Pannonica auf ein kleines Gebiet beschränkt ist.

Zuerst waren für die vorliegende Arbeit folgende Fragen wegleitend: Lassen sich Gentiana purpurea, punctata und Pannonica morphologisch und anatomisch von einander unterscheiden, und welche Unterschiede bestehen gegenüber Gentiana lutea? Ist es möglich, in der ganzen, geschnittenen und gepulverten Handelsware zu bestimmen, ob neben Gentiana lutea auch die andern Pflanzen vertreten sind? Falls die Unterschiede zu gering sind, kann durch genaue Bestimmung der Ursprungsländer der Handelsware festgestellt werden, welche Bedeutung Gentiana purpurea, punctata und Pannonica im Grosshandel besitzen, welche Pflanzen für die einzelnen Länder Europas überhaupt in Frage kommen, und in wieweit die Bestimmungen der verschiedenen Pharmakopöen damit im Zusammenhang stehen?

Um an das Studium der drei genannten Pflanzen herantreten zu können, war zur Aufstellung eines Vergleichstypus eine genaue Bearbeitung des gelbblühenden Enzians notwendige Voraussetzung. Reichliches, frisches Material aus den verschiedensten Höhenlagen des Jura und der Alpen, wie häufige Beobachtung der wildwachsenden Pflanze unter den mannigfaltigsten Lebensbedingungen und während der verschiedenen Jahreszeiten brachten so viel Neues, dass der ursprünglich kurz gedachte Teil über Gentiana lutea erweitert wurde, während die Behandlung der übrigen Pflanzen infolge der tatsächlich geringen anatomischen Verschiedenheiten verhältnismässig kurz gefasst werden konnte.

Von einer Monographie von Gentiana lutea wurde abgesehen, weil einmal die Entwicklung des Keimlings wie der jungen Pflanze von A. Meyer in vorzüglicher Weise bearbeitet ist. Meine diesbezüglichen Untersuchungen stimmten in den wichtigsten Punkten mit den Resultaten Meyers vollständig überein, sodass es genügt, auch an dieser Stelle auf die genannte Arbeit zu verweisen (Lit.20).

Die Chemie der Droge erfuhr ferner im Laufe der Zeit eine so vielseitige Bearbeitung, dass eine blosse Zusammenstellung der Forschungsresultate die Arbeit sehr erweitert hätte, ohne dass voraussichtlich etwas Neues von Bedeutung hätte hinzugefügt werden können. (Vergleiche Zusammenstellung der diesbezüglichen Literatur bei Tschirch, Lit. 27, pag. 1597).

Auch für die Behandlung von Gentiana purpurea und punctata stand uns reichliches, zum Teil selbst gesammeltes frisches Pflanzenmaterial zur Verfügung; es konnten dabei vielfach die Standortsverhältnisse beobachtet werden.

Anders bei Gentiana Pannonica, die in der Schweiz bekanntlich nur nördlich der Churfirsten und auch dort nach Angaben von Botanikern nur an bestimmten Stellen und nicht mehr häufig angetroffen wird. Im Interesse der Erhaltung dieser für die Schweiz seltenen Pflanze verzichteten wir, trotz Angebot, darauf, unser Material aus den Churfirstengebiet zu beziehen. Wir wandten uns nach verschiedenen Orten Oesterreichs und es gelang uns trotz der schwierigen Grenzverhältnisse während des Krieges, das zur Arbeit unbedingt nötige, frische Pflanzenmaterial zu erhalten, doch soll hier ausdrücklich bemerkt werden, dass für die Bearbeitung von Gentiana Pannonica eine grössere Zahl frischer Pflanzen von Vorteil gewesen wäre.

Eine Erweiterung erfuhr die Arbeit durch die Aufnahme von Gentiana asklepiadea L. Wurzel und Wurzelstock derselben kommen in ihrer Länge und Mächtigkeit denen der offizinellen Pflanzen am nächsten, ja übertreffen oft Gentiana purpurea, punctata und Pannonica im Gesamtgewicht. Obwohl nicht offizinell, spielte Gentiana asklepiadea nicht nur als Volksmittel von jeher eine Rolle, sondern kam auch schon mehrfach als Radix gentianae cruciatae in den österreichischen Drogen-Grosshandel.

Wie sich im Verlaufe der Arbeit zeigen wird, hätte die vielerorts sehr reichlich auftretende Gentiana asklepiadea, auch bei einer Aufnahme in die Arzneibücher, in normalen Zeiten kaum mehr Bedeutung, als Gentiana purpurea, punctata und Pannonica es heute tatsächlich für den Grosshandel besitzen. Erst wenn die Droge von Gentiana lutea nicht mehr so reichlich und billig in den Handel kommt, was abgesehen von den abnormalen Kriegszeiten infolge des Raubbaues früher oder später geschehen wird, kommt neben den drei genannten offizinellen Pflanzen in erster Linie Gen-

tiana asklepiadea als Ersatz in Frage. Die Entscheidung ihrer Verwendbarkeit liegt dann in den Resultaten der Prüfung ihres Wirkungswertes.

In letzter Zeit wurde nun infolge grossen Mangels an Radix gentianae tatsächlich in Oesterreich die Frage geprüft, ob Gentiana asklepiadea als Ersatz der offizinellen Drogen in Frage kommt und in bejahendem Sinne beantwortet. Man wies darauf hin, dass der Gesamtbitterstoffgehalt der genannten Pflanze etwa halb so gross wie bei Gentiana lutea sei, in der Praxis also die doppelte Menge zu nehmen wäre. Dem gegenüber möchte ich hier nur darauf hinweisen, dass Gentiana purpurea viel bitterer ist als Gentiana lutea, ohne dass eine spezielle Verordnungsweise für die Pflanze vorgesehen ist. Es wäre zuerst zu prüfen, ob nicht die geringe Bitterkeit von Gentiana asklepiadea mit dem fast völligen Fehlen des bitter und scharf schmekkenden sogenannten „Oeles“ im Zusammenhang steht. Ferner müsste festgestellt werden, ob und welchen Wirkungswert dieses Oel überhaupt besitzt.

GENTIANA LUTEA L.

Verbreitung: Die Verbreitung von Gentiana lutea erstreckt sich von Spanien nach Osten bis Kleinasien.

[Spanien (besonders Pyrenäen); Cevennen, Auvergne; Korsika, Sardinien, Apennin; Alpen (von den französischen Seealpen und Savoyen durch die Schweizeralpen bis Oesterreich); Dalmatien, Bosnien, Kroatien, Montenegro; Karpathen, Balkan; Levante; nördlich der Alpen: Jura, Vogesen, Schwarzwald.] (Lit. 4, 9, 12, 14, 23.)

Standortsverhältnisse: Gentiana lutea bevorzugt Weiden und Triften der montanen und subalpinen Region. Höhenlage: 800—2000 m, geht bis auf 300 m hinunter und steigt gelegentlich bis auf 2500 m. Die Pflanze bevorzugt Kalkboden.

Für die Mannigfaltigkeit in der äussern Form der Wurzeln und besonders der Wurzelstöcke sind die Bodenverhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung. Die stark wechselnde Höhenlage beeinflusst das Wachstum der Pflanze nur insofern, als mit zunehmender Höhe des Standortes die Vegetationsperiode verkürzt wird, was zur Folge hat, dass die Blütensprossbildung um Jahre hinausgeschoben werden kann, sodass der Aufbau des Rhizoms auch nach vielen Jahren noch verhältnismässig einfach erscheint. Fig. 1 (B) zeigt ein solches Rhizom gegenüber einem gleichaltrigen, verzweigten Wurzelstock von Gentiana purpurea (A).

In tiefgründigem, etwas steinigem, ziemlich feuchtem Boden entwickelt sich Gentiana lutea schnell und kräftig, dagegen meidet sie eigentlichen Sumpfboden, der auch in Gebirgsgegenden bekanntlich häufig ist.

Die Beobachtung Lochmanns (Lit. 19), dass sich der gelbblühende Enzian im Halbschatten besonders schön entwickelt, kann ich bestätigen. Mehrmals fand ich in Sträuchern und lichten Gebüschgruppen, die auf Gebirgsweiden häufig anzutreffen sind, kräftige Wurzelstöcke mit mächtigen, reich blühenden Sprossen von 1,1 bis 1,4 m Höhe, während

die in der Nähe im freien Sonnenlicht wachsenden Pflanzen gewöhnlich nicht mehr als 80 cm hoch und schwächer waren.

Die Ursache dieses günstigen Wachstums scheint in erster Linie in der gleichmässigen Feuchtigkeit des Bodens in diesen Gebüschen zu sein, wobei Wärme und Licht trotzdem genügend Zutritt haben.

Ebenso schöne Exemplare traf ich im Halbschatten an Waldrändern. — Auch in lichtes Waldgebiet verwehte Samen gelangen manchmal zum Keimen, doch entwickeln sich daraus fast stets nur schwächliche Pflanzen, die meist früh zu Grunde gehen.

Auf felsigem Boden mit dünner Humusschicht kann der gelbe Enzian zu schönster Entwicklung gelangen, falls das Gestein etwas erodiert ist und die Wurzeln in den Felsspalten genügend Wasser vorfinden. Dabei entwickelt sich meist ein eigenartiges Wurzelsystem, das mehrere kräftige Wurzeln besitzt, worauf weiter unten näher eingegangen werden soll.

Gentiana lutea wurde auch öfters als Pflanze der Bändervegetation beobachtet (Lit. 29). Diese schmalen, meist wagrechten oder schwach geneigten Absätze oder Gesimse im kahlen Felsgebirge besitzen gewöhnlich nur wenig tiefe Humusschichten, sind trotzdem aber oft nicht sehr wasserarm, weil sich das Regenwasser da und dort in Gesteinshöhlungen unter dem Humus sammelt und so die Erdschicht feucht hält.

Ueber die Standortsbedingungen für möglichst günstige Rhizomentwicklung sagte ein bedeutender Wurzelhändler mit mehr als 20jähriger Erfahrung ungefähr folgendes aus:

„Die beste Droge liefern Pflanzen in Höhenlagen von mehr als 1000 m. Wurzelstock und Wurzeln entwickeln sich besonders gut im tiefgründigen, etwas felsigen, kalkreichen, feuchten und dunklen Boden. Bei günstigen Bodenverhältnissen kann ein 20- bis 25jähriges Rhizom mit seinen dicksten Wurzeln ein Frischgewicht von 6—7 kg. besitzen. In solchen Gebieten kann ein einzelner Wurzelgraber an einem Tag bis auf 200 kg. frische Droge graben. In hellerem, grauem Boden, der wasserleichtdurchlässig ist, erreichen auch gesunde, 50 Jahre alte Pflanzen ein Rhizomgewicht von 2 kg. selten."

Ueber die Wurzeln ein- bis vieljähriger Pflanzen schreibt Arth. Meyer (Lit. 20): „Im Laufe des zweiten

Frühlings verdickt sich gewöhnlich eine am Ende des hypokotylen Gliedes stehende Seitenwurzel besonders stark und überholt dann im Wachstum meist die Hauptwurzel. Diese geht nun bald zu Grunde, da sie durch die sich kräftig ausbildene Nebenwurzel entbehrlich und beeinträchtigt wird. Später bildet auch die Achse Nebenwurzeln, und dann verdickt sich oft eines dieser den assimilierenden Blätter näher stehenden Organe und wächst wiederum besonders schnell heran, sodass es bald die Dicke des über ihm befindlichen Achsenstückes erreicht, während das darunter stehende Stammstück und die ältern Wurzeln absterben, oder nur wenig an Grösse zunehmen und dann häufig wie Anhängsel der dicken Wurzeln und Achse aussehen."

Diese Beobachtung, die A. Meyer bei der Entwicklung der einjährigen und ältern Wurzel machte, können in dem Masse nur dann und bloss zum Teil auf die wildwachsenden Pflanzen übertragen werden, wenn sie auf tiefem, feuchtem und lockerem Humus wachsen.

Ganz anders geht dagegen die Wurzelentwicklung vor sich, wenn der Same auf humusarmem, felsigem Boden keimt, das junge Pflänzchen günstige Verhältnisse nicht sogleich findet, sondern erst suchen muss.

Wenn nämlich die junge, sogenannte Hauptwurzel, in die Tiefe wachsend, auf Gestein oder Felsstücke stösst, so entwickeln sich fast immer eine bis mehrere Seitenwurzeln sehr schnell und wachsen bei geringer Dickenzunahme rasch und ziemlich gleichmässig in die Länge, bis sie an den Rand des Felsstückes oder auf Felsspalten stossen, denen sie in die Tiefe folgen. Erst wenn durch dieses differenzierte Wachstum einzelne Wurzeln in wasserreichen Humus gelangt sind, entwickelt sich die ganze Pflanze kräftig, wobei die verschiedenen Wurzeln bedeutend in die Dicke wachsen, ohne an Länge weiter stark zuzunehmen.

Gelingt es der Pflanze dagegen nicht, günstige Bodenverhältnisse zu erreichen, so kann sie trotzdem noch einige Jahre langsam weiterwachsen, verkümmert dann aber mehr und mehr und geht schliesslich, meist ohne zur Blüte gelangt zu sein, zu Grunde.

Die Bestätigung, dass sich Gentiana lutea vor allem eine gewisse Wasserzufuhr sichert, fand ich darin, dass ich bei Nachgrabungen an felsigen, ziemlich trockenen Stand-

orten die Wurzelenden mehrmals in bedeutender Tiefe in einer feuchten Humusschicht einander genähert fand, nachdem die Wurzeln grössere oder kleinere Felsstücke, auf denen die Pflanze herangewachsen, von verschiedenen Seiten umwachsen hatten.

Dieses Auffinden der günstigen Bodenverhältnisse steht mit der oft beobachteten Uebergipfelung der Wurzeln während des Wachstums im Zusammenhang, die dadurch zu Stande zu kommen scheint, dass sich der am günstigsten gelegene, jüngste Wurzelast rasch entwickelt, während die andern ihr Wachstum ganz oder fast ganz einstellen. Dabei ist hervorzuheben, dass der Enzianwurzel jede erodierende Kraft abgeht, denn verengert sich der Raum zwischen zwei auch kleinen Felsstücken plötzlich, so nimmt der Durchmesser der Wurzel ebenso rasch ab, ohne dass letztere dabei in der Regel plattgedrückt weitergewachsen ist, wie das bei vielen Wurzeln anderer Pflanzen auffallend in Erscheinung tritt.

Wenn in günstigen Bodenverhältnissen, die bei Kulturen stets vorhanden sind, sich ein oberer Wurzelast stark verdickt, die untern Teile aber absterben, so kann dies so erklärt werden, dass eine einzige, gleichmässig mit dem Rhizom erstarkte Wurzel für den Wasser- und Nährstofftransport genügt, die oberste als kürzeste Leitungsbahn den Vorzug erhält, die untern als überflüssig ihr Wachstum einstellen.

Zu dieser Frage des Absterbens älterer Wurzel- und Rhizomteile muss ich hinzufügen, dass ich wohl ähnliche Beobachtungen machen konnte, wie sie A. Meyer beschreibt. Es war mir dabei aber in den meisten Fällen möglich, den Beweis zu erbringen, dass dem Absterben eine äussere Schädigung der Wurzel und der Rhizomteile vorausgegangen war.

Dass sich auch eine grosse Zahl von Wurzeln am Rhizom entwickeln kann, ohne dass dabei einzelne ältere Teile bald zu Grunde gehen, zeigt Fig. 2 deutlich. Es handelt sich um eine Pflanze, die auf Felsen in einer Humusschicht von etwa 30 cm gewachsen. Durch diese reichliche Wurzelanlage befestigte sich die Pflanze, trotz dem das Tiefenwachstum hemmenden Gestein. Zugleich ermöglichte dieses ausgedehnte Wurzelsystem der Pflanze, die ihr nötigen Mengen Wasser zu erhalten.

Fig. 3 ist eine vergrösserte Aufnahme des Wurzelstockes von Fig. 2. Ueber die hier deutliche Knospenbildung siehe weiter unten.

An den oberen Teilen der erstarkten Wurzeln (Fig. 2) finden sich da und dort noch einzelne der im Wachstum zurückgebliebenen Wurzeläste als unscheinbare Anhängsel, während andere bereits abgeworfen sind, sodass kräftig gewordene Wurzelteile meist fast nebenwurzellos erscheinen. (Fig. 1 B. 2. 9. 10).

Nicht selten findet man auch ein- bis mehrfach dichotom verzweigte Wurzeln.

Reichliche Verzweigung tritt erst in günstigem Boden ein; damit kommt das Längenwachstum fast zum Stillstand. Die sekundär verdickten Wurzeln können, an Mächtigkeit nur sehr langsam verlierend, 50 cm bis 1 m weit fast frei von Nebenwurzeln sein, um plötzlich unvermittelt stark dünner werdend, sich in eine Anzahl reich verzweigte Wurzeläste zu teilen.

Infolge der wechselnden Bodenverhältnisse bleibt das Längenwachstum der einen Wurzel bei 60 cm stehen, während andere von kaum derselben Mächtigkeit 1,0—1,4 m lang, seltener länger als 1,5 m werden.

Kräftige Pflanzen besitzen Wurzeln von 3 bis 6 cm Dicke; solche von 7 bis 8 cm kommen auch vor, sind aber selten.

Besonders bei liegenden Wurzelstöcken lässt sich manchmal beobachten, dass auch bei kräftig gewordenen Pflanzen eine oder einzelne, zuerst der Befestigung dienende, rhizomständige Wurzeln in kurzer Zeit sehr rasch heranwachsen, den Grossteil des Wasser- und Nährstofftransportes zu bewältigen scheinen und infolge ihrer Dicke bald auch als Reservestoffspeicher dienen können. Gelegentlich scheint es sich nur um die Bevorzugung einer sehr günstig gelegenen Wurzel zu handeln; in vielen, ja den meisten Fällen, ist es aber möglich, eine äussere Schädigung der ältern Wurzeln oder des entsprechenden Rhizomteiles nachzuweisen. Wenn bei senkrecht wachsenden Rhizomtypen dieselbe Erscheinung auftritt, so ist mit ziemlich grosser Sicherheit anzunehmen, dass ältere Teile irgendwie äusserlich geschädigt wurden. — Die Frage der Schädigung soll weiter unten behandelt werden. —

Das Rhizom. Als extreme Fälle lassen sich folgende zwei Typen aufstellen: Das nach mehrfachem Blühen in all seinen Teilen noch ziemlich senkrecht stehende (Fig. 1 B. und 6 B.) und das liegende, nur in seinem jüngsten Zuwachs aufgerichtete Rhizom. Das Erstere besitzt den natürlichen, ursprünglichen Bau, während der liegende Wurzelstock als sekundäre Anpassung an die Standortsverhältnisse aufzufassen ist (Fig. 4 und 5). Wurzelstöcke mit natürlichem, senkrechtem Aufbau findet man im Jura selten, in den Alpen häufiger, und zwar auf abgelegenen, schwer zugänglichen, humusreichen Rasenplätzen, die starken Graswuchs aufweisen oder mit Zwergsträuchern besiedelt sind. (z. B. auf Rasenbändern zerklüfteter Karrenfelder der Zentralschweiz).

Die im Herbst absterbenden Gräser, wie die dicht stehenden Zwergsträucher schützen das Rhizom vor den Witterungseinflüssen und verhindern das Austrocknen des Bodens bei längerer Trockenheit, die bekanntlich in den meisten unserer Gebirgsgegenden selten eintritt. Ueberall, wo ein solcher oder ähnlicher äusserer Schutz vorhanden ist, wachsen die Rhizomäste jährlich verhältnismässig stark in die Länge (Fig. 1 B. und 6 B.), sodass ein solcher Wurzelstock im Alter stark längsgestreckt erscheint.

Sobald ein Rhizom auch über dem Boden von umgebenden Pflanzen verdeckt und geschützt ist, bleiben oft die jüngern Teile des Wurzelstockes selbst während des Winters über dem Boden. Das etwa 40 Jahre alte Rhizom von Fig. 1 B., das in der Zentralschweiz in einer Höhe von 1950 m gegraben wurde, war durch ein dichtes Polster abgestorbener Pflanzen so gut geschützt, dass es nur bis (c) im Boden stand. (Das Rhizom stand rechtwinklig zum Hang; die Richtung der Blattscheiden, die in der Natur senkrecht aufstreben, erklärt die Lage des Wurzelstockes.)

Der besprochene äussere Schutz fällt fast immer weg, und zwar umso mehr, je geringer der Graswuchs am Standort und je grösser seine Abnützung (z. B. der Weiden durch das Vieh) ist. Dann überwintert das Rhizom stets im Boden.

Da jedes Rhizom alljährlich einen vertikal aufstrebenden Längenzuwachs aufweist, so muss auch jedes Jahr wenigstens eine dem Zuwachs entsprechende Verkürzung stattfinden, wenn der überwinternde Teil der Pflanze auch nach mehreren Jahren noch ganz im Boden geborgen sein soll.

Meine Beobachtungen an denselben wildwachsenden Exemplaren von Gentiana lutea während den verschiedenen Jahreszeiten ergaben folgendes:

Die Bewegung erstreckt sich auf Wurzelstock und Wurzel; sie ist eine rein passive und entspricht bei Pflanzen, die in lockerer Erde wachsen, nicht nur dem jährlichen Rhizomzuwachs, sondern ist grösser und erfolgt in zwei Richtungen: Nach Beendigung der Schneeschmelze, die je nach der Lage des Standortes in die Zeit vom April bis Juni fällt, oder, falls ein trockener Winter vorherrscht, nach dem ersten ausgiebigen Frühjahrsregen, zeichnen sich Wurzel und Rhizom durch grossen Wassergehalt aus und sind in radialer Richtung stark gedehnt. Dieser seitliche Druck stösst in dem durch das Auffrieren stark gelockerten Boden nur auf geringen Widerstand. Dieser, durch den inneren Druck verursachten radialen Dehnung entsprechend geht auch zugleich eine Streckung in der Richtung der Hauptachse vor sich. Die letztere Bewegung erfolgt in der Richtung des geringeren Widerstandes, also gegen die Erdoberfläche, wodurch die Knospen etwas gehoben werden. Das Rhizomende liegt zu dieser Zeit gewöhnlich auf gleicher Höhe mit dem Boden oder ragt manchmal auch etwas aus der Erde hervor. Mit dem Wachstum der Blätter, das sehr rasch vor sich geht, vollzieht sich auch das erste stärkste Dickenwachstum des Wurzelstockes.

Falls der Sommer nicht allzu regnerisch ist, geht der Wassergehalt des Rhizoms schon im Laufe des Juni und Juli etwas zurück. Die damit verbundene schwache Lockerung wird durch das immer noch andauernde, wenn auch bereits geringere Dickenwachstum ausgeglichen. Bis zum Spätherbst nimmt der Gehalt an Wasser besonders im Rhizom und in den dickeren Wurzelteilen weiter sehr stark ab (10—15 %), wodurch eine Schrumpfung in radialer Richtung, wie eine Verkürzung im Sinne der Hauptachse erfolgt. Während die dünnen, tiefliegenden und starkverzweigten Wurzeläste im Boden gut verankert liegen und durch fast jeder Zeit gleichbleibenden Wassergehalt nicht gelockert sind, haben sich die Rhizom- und dickern Wurzelteile durch radiales Zusammenziehen etwas losgelöst und werden durch die Verkürzung langsam in den Boden gezogen. Rhizome, die mit ihren Vegetationspunkten im Mai genau an der Erdoberfläche standen oder noch schwach aus dem Boden ragten, fand ich im Winter

nach mehrwöchentlicher starker Kälte 3—5 cm tief in dem stark gefrorenen Boden. Besonders die obern Teile dieser im Winter gegrabenen Drogen waren sehr wasserarm und hart, im Querschnitt glasig-glänzend, aber nicht gefroren, während ähnliche Stücke im Frühsommer verhältnismässig elastisch, weich und so saftig waren, dass durch Pressen mit der Hand bedeutende Mengen Saft ausflossen.

Es ist wohl anzunehmen, dass die Wasseraufnahme durch die Wurzeln im Herbst zurückgeht, während durch die am Rhizom lange ziemlich frisch erscheinenden Blätter noch Wasser verdunstet wird, bis im Wurzelstock eine maximale Konzentration der Jnhaltsstoffe erreicht ist.

Die besprochene Bewegung bleibt nur bei aufrecht in weichem, tiefem Humus stehenden Rhizomen bis ins Alter in senkrechter Richtung bestehen. In diesem Falle bleibt der Aufbau isolateral (Fig. 3 und 6 B.), d. h. es können sich nach dem Abblühen Knospen aller vier Seiten zu gleichwertigen, neuen Vegetationspunkten ausbilden. Die regelmässig - vierzeilige Anordnung der Knospen ist durch die genau kreuzgegenständige Anlage der Blätter verursacht, in deren Winkeln die Knospenanlagen sitzen.

Beim aufrecht stehenden Rhizomast entwickeln sich meist zwei gegenständige Knospenanlagen des letzt- oder vorletztjährigen Rhizomzuwachses, manchmal auch diese beiden Knospenpaare, sodass an jeder der vier Knospenreihen ein neuer Vegetationspunkt zur Entwicklung gelangt. So ist in Figur 3 K^1 und K^2 das Knospenpaar des vorjährigen K^3 mit der gegenüberliegenden, nicht sichtbaren Knospe dasjenige des ein Jahr ältern Rhizomstückes. K ist die Knospe eines andern, selbständigen Wurzelstockastes.

Nicht alle im Herbst entwickelten Anlagen gelangen im nächsten Frühjahr zur Entfaltung.

Für liegende Rhizome ist die Entwicklung fast nur dem Boden genäherter Knospen typisch. Die obern bleiben entweder in der Entwicklung bald zurück oder wachsen kurze Zeit, um später, ohne zur Entwicklung eines Blütenschaftes gelangt zu sein, zu verkümmern.

Abfallendes Gelände, harter und felsiger Boden, an Waldrändern oft auch weitverlaufende Wurzeln besonders der Nadelhölzer etc. verhindern ein senkrechtes Wachstum des Wurzelstockes. Schon bei der wenige Jahre alten Pflanze tritt nach und nach eine kleinere bis grössere Zahl

von Befestigungswurzeln auf, die, am Rhizom stehend, dasselbe seitlich an den Boden heften.

Wie schon früher bemerkt wurde, können nach Jahren sehr langsamer Entwicklung einzelne dieser rhizomständigen Wurzeln stark heranwachsen und zu Hauptleitungsbahnen und Reservestoffbehältern werden.

Diese geneigt oder horizontal liegenden Wurzelstöcke sind meist stark verkürzt, rundlich-kopfig oder durch starkes Breitenwachstum platt.

Bei der Entwicklung der auch hier im jüngsten Zuwachs vierzeilig angeordneten Knospen werden, wie oben bemerkt, seitliche oder dem Boden genäherte bevorzugt, sodass ein eigentlich dorsiventraler Bau entsteht, was die Anatomie deutlich zeigt.

Einen äussersten Fall von Differenzierung zeigen Fig. 4 und Fig. 5. (Die Reste der abgeschnittenen, hohlen Blütensprosse, die in der Natur vertikal standen, deuten auf die Lage desselben Rhizoms auf den beiden Bildern hin). Dieser Wurzelstock wuchs auf humusarmer, geneigter Felsplatte. Neben einer stark verdickten Wurzel (b) ist eine grosse Zahl von Wurzeln vorhanden, die neben der Ernährung besonders der Befestigung dienten.

Während die Wurzeln der frisch gegrabenen Droge von fast weisser bis gelber Farbe sind, ist der Wurzelstock besonders in seinen jüngern, sekundär noch nicht stark in die Dicke gewachsenen Teilen gelbbraun bis dunkelgraubraun, die ältern, stark verdickten Partien dagegen sind heller bis hellgelb. Die jüngern, wenig mächtigen Wurzeln sind glatt, die stark verdickten Stücke zeigen mehr oder weniger scharfe Querringelung (Fig. 1 B.), dagegen besitzt die ganze, frische Droge keine deutlichen Längsfalten. Das Rhizom weist stets deutliche Querringe auf, die verschiedenen Ursprungs sein können:

An den jüngern Teilen der Wurzelstöcke lassen sich immer ringförmige Ausbuchtungen erkennen, die, in Abständen von 4 bis 18 mm auftretend, Jahreszuwachszonen begrenzen. (Fig. 1 B., 6 B.). Auf und zwischen diesen Ausbuchtungen findet man die ringförmig geschlossenen, selten mehr als 1 mm dicken Insertionsstellen, der je zwei gegenständigen Blättern gemeinsamen Blattscheiden. Auf diesen zahlreichen Kreisen befinden sich in ziemlich regelmässigen Abständen die Reste der ungleichmässig abgerissenen Blattspurbündel.

Mit dem Dickenwachstum verlieren die primären Querringe an Deutlichkeit, um schliesslich ganz zu verschwinden um durch sekundäre, durch das axiale Zusammenziehen des Wurzelstockes entstandene Ringe ersetzt zu werden. (Vergl. den unteren dickern Teil des Rhizoms von Fig. 6 B.)

Gegen die Uebergangsstelle vom ältesten Rhizomstück zu der oder den stärksten Wurzeln hin gleichen diese Ringe in Form und Farbe mehr und mehr den auch an den kräftigeren Wurzelstücken stets vorhandenen, gelben, wurzelumfassenden Runzeln, sodass morphologisch oft nicht mehr bestimmt werden kann, wo der Wurzelstock aufhört und die Wurzel beginnt (Fig. 1 B.)

Die vierzeilig angeordneten Knospenanlagen verlieren sich zum Teil nur sehr langsam (Fig. 1 B.), zum Teil, (besonders bei kräftigen Wurzeln) sehr rasch (Fig. 6 B.) durch Abwurf. Sie sind stets dann sehr lange erhalten, wenn das sekundäre Dickenwachstum nur gering ist.

Alter der Pflanze. Genaue Angaben über das Alter der Wurzelstöcke können aus folgenden Gründen meist nicht gemacht werden: Bei ältern Rhizomen lässt sich selten mit Sicherheit feststellen, ob sie noch vollständig erhalten vorliegen, oder ob wir es nur noch mit einem Teil des perennierenden Pflanzenteils zu tun haben. Gehen nämlich einige Rhizomteile durch irgend welche Einflüsse zu Grunde, so vernarben die Wundstellen manchmal so gut, dass der gesund gebliebene Teil wieder als selbständiges Ganzes erscheint.

Durch das sekundäre Dickenwachstum verschwinden ferner nicht nur, wie oben gesagt, alle ältern, äussern Ringe, sondern es wird auch das anatomische Bild undeutlich und verwischt.

Bei vielen jungen Wurzelstöcken können im Querschnitt im Xylem 15—25 Jahresringe deutlich unterschieden werden, die mit der Zahl der äussern, jährlichen Rhizomzuwachsstücke völlig übereinstimmen.

Bei den ältern Pflanzen, die uns für die Altersbestimmung besonders interessieren, ist die konzentrische Gefässanordnung im inneren Xylemteil bereits derart undeutlich, und die morphologischen Merkmale sind soweit verschwunden, dass gleichzeitig die äussern und innern Verhältnisse die genaue Altersbestimmung unmöglich ma-

chen. Gewisse Anhaltspunkte kann (im Zusammenhang mit der Kenntnis der später zu besprechenden Blütezeit) die Feststellung der Zahl der aufeinanderfolgenden Blütenperioden geben, doch sind die Blütensprossnarben manchmals stark überwachsen und verschoben, dass nur noch anatomisch bestimmt werden kann, ob an gewissen Stellen tatsächlich eine Sprossnarbe vorhanden ist.

Einzelne Pflanzen, deren Rhizome zweifellos noch vollständig erhalten sind (wie z. B. Fig. 1 B. und Fig. 6 B.), erlauben ziemlich genaue Schlüsse auf ihr Alter. (So stammt das Rhizom von Fig. 1 B. von einer etwa 40jähr., das von Fig. 6 B., das bedeutend mächtiger ist, von einer nur ca. 28 Jahre alten Pflanze). Diese Wurzelstöcke haben aber ihren vegetativen Höhepunkt keineswegs überschritten, das Rhizom von Fig. 1 B., das erst einmal geblüht hat, hat ihn wahrscheinlich noch nicht einmal erreicht.

Beobachtungen an vielen andern Exemplaren erlaubten mehrfach Schlüsse auf 50 und 60 Jahre. Dabei waren die Pflanzen so kräftig, dass sie noch lange Zeit hätten weiterwachsen können.

Die blühende Pflanze. A. Meyer schreibt: (Lit. 20): „Ist die Pfanze blühreif, so treibt sie einen etwa 50 cm. langen terminalen Blütenschaft, welcher an der Basis von den Scheiden einiger Laubblätter umhüllt ist und selbst noch einige durch 8—15 cm. lange Internodien getrennte, sterile sitzende Laubblätter trägt."

Nach Lochmann (Lit. 19) gelangten von ihm jung in Kultur gezogene und nachher ins Gebirge verpflanzte Exemplare von Gentiana lutea im 6. bis 8. Jahre zur Entwicklung des ersten Blütenschaftes. Meyer sagt, dass die zum ersten Mal blühende Pflanze nach 4 bis 20 Jahren wiederum zur Blüte gelangt. Ich fand nur ausnahmsweise wildwachsende Pflanzen, die vor dem 12. Jahre zum ersten Mal blühten, während die meisten 12 bis 20 Jahre, einzelne eine noch längere vegetative Entwicklung brauchten, bis sie blühreif geworden. Später verkürzt sich die vegetative Zwischenzeit (in Höhenlagen von 800—1500 m) auf 10 bis 6 und 4 Jahre, doch scheint sie nie unter die letzte Zahl zu gehen. Die Verschiedenheit dieser Beobachtung mit den Angaben Lochmanns ist dadurch erklärlich, dass in Kulturen gezogene und später an günstige Standorte versetzte Pflanzen schneller erstarken und zur Blüte gelangen können, als solche, die aus zufällig verstreuten Samen zur Kei-

mung gelangen und sich durch Anpassung an die gegebenen Bodenverhältnisse günstige Lebensbedingungen erst schaffen müssen. Wenn die Pflanze später in der Regel in kürzeren Zeitabständen wieder zur Entwickung blühender Sprosse gelangt (Ausnahmen besonders bei hoch gelegenen Standorten), so findet sich die Erklärung darin, dass den neuen Vegetationspunkten schon vom Beginn ihrer Entwicklung an ein kräftiges Wurzelsystem zur Verfügung steht.

Ueber die Entwicklung einzelner oder mehrerer der am Wurzelstock vierzeilig angeordneten Seitenknospen wurde schon früher gesprochen. (Vergleiche auch die 2 neuen Vegetationspunkte von Fig. 7) Weiteres wird im Zusammenhang mit den anatomischen Verhältnissen behandelt. Hier möge nur gesagt sein, dass zwei bis mehrere aus Seitenknospen hervorgehende Rhizomäste oft in einem spätern „Blütenjahr" gleichzeitig zur Blütensprossbildung gelangen. Wenn auch bei Gentiana lutea dieses Auftreten eines „Blütenjahres" in vielen Fällen, ja meistens deutlich hervortritt, so ist doch die Bildung eines einzelnen oder weniger Blütensprosse an einem sechs- bis zehnköpfigen Wurzelstock keine Seltenheit. Die Zahl der gleichzeitig zur Entwicklung gelangenden blühenden Sprosse beträgt nach der ersten Blütezeit meist 1 bis 3, an kräftigen Wurzelstöcken selten 4 bis 5 (vergl. Fig. 8), nur ausnahmsweise bis 8. Pflanzen hoher Standorte kommen, besonders wenn derselbe an einem Nordhang liegt, auch nach der sehr späten Bildung des ersten Blütenschaftes lange nicht mehr zum Blühen (vergl. Fig. 1 B).

Diese Beobachtungen der blühenden Pflanze sind pharmakognostisch deshalb von Interesse, weil durch die blühenden Sprosse nicht nur der äußere Rhizombau bestimmt wird, sondern auch im innern Aufbau charakteristische Merkmale zu finden sind.

Pfanzenschädigungen. Kissling (Lit. 27 beschreibt eine von Fischer zuerst beobachtete epidemische Erkrankung der Blütensprosse von Gentiana lutea durch Botrytis cinerea, eine nur selten und lokal auftretende Erscheinung, die nie bis zur Zerstörung des Rhizoms fortschreitet, also höchstens die Samenbildung verhindern kann.

Eine ganz andere, die Pflanze weit mehr schädigende Verletzung tritt in den Wurzeln und besonders den Wurzel-

stöcken älterer Exemplare des gelbblühenden Enzians auf. Es handelt sich um im ausgewachsenen Zustande fast 2 cm lange, weiße Raupen mit braunem Kopf, die sich besonders im Marke des Rhizoms aufhalten. Der Schädling beginnt sein Zerstörungswerk meist an den der Erdoberfläche genäherten Rhizomteilen. Oft wandert er durch die Sproßnarben von oben her oder durch einen Quergang durch den Rindenteil und die Gefäßzone ins Mark, das er in schmalen und weiten Gängen durchfrißt. Nicht selten frißt sich die Raupe im Zentrum des Markes nach abwärts durch die ganze Länge des Rhizoms hindurch und gelangt bis in das lockere, gefäßarme zentrale Xylem der dicken Wurzeln (Fig. 4 w und Fig. 6 A.) Manchmal zerstört sie große Gebiete des Phloëms, das sie in wirren Gängen, meist abwärts wandernd, durchzieht. Mehrmals fand ich den Schädling, indem ich den Gängen des Rindenteils folgte, bis 20 cm unterhalb der Eintrittsstelle unmittelbar innerhalb des Korkes. Sehr oft wandern die Raupen vom Mark unterhalb der Sproßnarben seitlich in den Markteil der jüngsten Rhizomstücke, deren Vegetationspunkte sie zerstören. Der Schädling überwintert im Rhizom, und verläßt schließlich ausgewachsen die Pflanze oder verpuppt sich an einer ausgefressenen Stelle des Markes unmittelbar unterhalb des Korkmantels der Blütenschaftsnarben.

Die Raupen werden als zu den Noctuidae (Eulen) gehörend bestimmt. Nähere Angaben können heute noch nicht gemacht werden.

Daß der Falter die Eier in oder an das gesunde Rhizom ablegt, geht daraus hervor, daß ich mehrmals (im Juni und Juli) in offenen, bereits angefressenen Markteilen unterhalb der Blütensproßnarben Raupeneier vorfand, die sich zu den nämlichen Raupen entwickelten.

Solange die Raupe nicht direkt die Vegetationspunkte schädigt, scheint die Pflanze in den ersten Jahren des Wurmfraßes im Wachstum nicht stark gehemmt zu werden. So waren das Rhizom und die kräftigste Wurzel von Fig. 4 und 5 schon stark zerfressen; trotzdem hatte die Pflanze noch zwei dicke und mehr als 1,3 m hohe blühende Sprosse zur Ausbildung gebracht.

Im Laufe des Jahres tritt aber leicht eine von den Gängen ausgehende, besonders nach den Wurzeln stark fortschreitende Fäulnis auf, die zum Absterben der ganzen Pflanze oder wenigstens einiger Teile führen kann.

Die durch Wurmfraß geschädigten Rhizomstücke sehen äußerlich lange Zeit frisch und gesund aus, bis schließlich ein eigentlicher Zerfall auftritt. Beim Rhizom von Fig. 6 A hat die Zerstörung fast ihr Ende erreicht. Der ganze Wurzelstock hat ein morsches Aussehen; er ist von unten bis oben von zahlreichen Wurmgängen durchzogen. Nur das sekundär angelegte und ziemlich erstarkte Wurzelbündel ist noch wenig geschädigt (w).

Werden durch die Raupen einzelne Vegetationspunkte angegriffen und eventuell zerstört, so tritt, falls das Rhizom mehrköpfig, eine starke Reaktion ein. An den noch gesunden Teilen des Rhizoms entwickeln sich meist schnell kräftige rhizomständige Wurzeln, wodurch diese noch nicht zerfressenen Partien vom Mutterrhizom unabhängig werden. So können die selbständig gewordenen Rhizomteile wieder zu normalen kräftigen Pflanzen heranwachsen. Eine Trennung der Wurzelstöcke habe ich stets nur im Zusammenhang mit dem fortgeschrittenen Wurmfraß vorgefunden, bei gesunden Pflanzen hingegen nie beobachten können.

Gewöhnlich sind auch die sich vom Mutterrhizom frei machenden Teile des Wurzelstockes sehr gefährdet, da die Raupen noch lange Zeit haben, an oder in noch nicht abgestorbenen Uebergangsstellen die jüngern Teile zu erreichen. Fig. 9 gibt ein Bild eines alten, zerfressenen Wurzelstockes, an dem sich ein noch kräftig wachsender, zweiarmiger Rhizomteil befindet, der bereits zwei starke Wurzeln angelegt hat. Fig. 10 zeigt den alten und jungen Rhizomteil getrennt. Die Verbindungsstelle (b) vom Mutter- zum Tochterrhizom ist noch intakt. Um so eigentümlicher ist es, daß dieser noch gesund und kräftig aussehende junge Teil des Wurzelstockes mit seinen zwei schön ausgebildeten rhizomständigen Wurzeln im Innern bereits stark zerfressen war. Es mußten also entweder die zwei darin gefundenen Raupen aus dem alten Rhizomteil ausgewandert sein und den jungen Rhizomast von außen angefallen haben, oder, was wahrscheinlicher ist, es handelte sich um Raupen, die aus Eiern eines andern Falters auf dem Rhizomast selbst entstanden.

In ältern Wurzelstöcken, die nach einmaliger Schädigung von weitern Raupen nicht mehr aufgesucht wurden, fand ich die Wurmgänge gut verkorkt, teilweise zusammengedrückt, zum Teil auch mit Humus gefüllt und

bereits mit von Nachbarpflanzen gebildeten feinen Würzelchen durchzogen.

Den geschilderten Schädiing traf ich an einzelnen Stellen im Jura massenhaft, ebenso in den Alpen (doch hier seltener, in höheren Lagen fast nicht mehr), wie auch in ausländischer getrockneter Handelsware. Damit stimmen auch die Aussagen von Wurzelgrabern und die eines sehr bedeutenden Enzianhändlers überein, wonach in gewissen Gebieten (besonders im magern Boden) fast jede ältere Pflanze angefressen sei.

In die blühenden Sprosse steigt die Raupe nicht, da sie das in der Nähe des Rhizoms noch kompakte, verholzte Markgewebe des Stengels nicht zu durchfressen vermag. Sie umgeht auf ihren Wanderungen im Rhizom schon alle größeren Gefäßgruppen.

Pharmakognostisch wichtig ist die Tatsache, daß die angefressenen Pflanzen eine minderwertige Droge liefern.

Eine Schädigung von ähnlichem Charakter, die vielleicht von Schnecken, vielleicht von derselben Raupe verursacht wird, besteht darin, daß der Rindenteil starker bis mittlerer Wurzeln in breiten Längs- und Querstreifen, vielfach auch in unregelmäßigen Stücken bis in die Kambiumzone, nur selten auch teilweise das Xylem abgefressen ist.

Die Wurzeln sind gegen diese Schädigung sehr empfindlich; sie bleiben im Wachstum zurück und gehen später zu Grunde. In manchen Fällen konnte damit die schnelle und starke Ausbildung weiter aufwärts am Wurzelstock stehender Wurzeln erklärt werden.

Manche äußere Verletzungen der obern Rhizomteile sind auf äußern mechanischen Einfluß zurückzuführen, z. B. auf die Schädigung durch das weidende Vieh. Dagegen wurde mir wiederholt von Sennen bestätigt, daß Blätter und Blütenschaft weder von Gentiana lutea noch von ihrem vielerorts häufigen Begleiter Veratrum album vom weidenden Vieh angefressen wird.

Ueberschreiten des vegetativen Höhepunktes und Absterben der Pflanze. Mit dem 5. bis 8. „Blütenjahr" (bezogen auf aufeinanderfolgende Blütenperioden eines einzelnen Rhizomteiles) überschreitet auch die äusserlich wenig geschädigte Pflanze ihren vegetativen Höhepunkt. Diese alten Wurzelstöcke sind, ähnlich den jüngern, geschädigten, oft

noch lange befähigt, weitere Blütensprosse zu bilden, doch erreichen diese die früheren an Höhe, Mächtigkeit und Blütenzahl immer weniger, bis sie schließlich nur noch einen oder zwei Blütenwirtel zur Ausbildung bringen. Das Dickenwachstum von Wurzel und Wurzelstock bleibt zurück und ist anatomisch bald nicht mehr nachweisbar. Die von den Blättern gekrönten Vegetationspunkte stehen auf einer von Jahr zu Jahr schmäler werdenden Basis. Die jüngsten Rhizomteile werden bei fast gleichbleibendem Längenzuwachs immer dünner, bis die Vegetationspunkte absterben.

Diese Degeneration kann sich auf 20 und mehr Jahre hinausziehen, während welcher Zeit die untern Rhizomteile mit ihren Wurzeln durch Vermoderung vollständig verschwinden können.

DER INNERE BAU

Schematisches Längsschnittbild.

(Fig. 11 zeigt zwei aneinander geschobene Hälften eines blühenden und eines in vegetativer Entwicklung stehenden Rhizomes. Die verschiedene Zugehörigkeit ist durch die Linie pL angedeutet. Der Rindenteil R ist etwas verschmälert, um den Gefäßverlauf (.....) besser andeuten zu können). co: Wundkork des abgefallenen Sprosses. 1—7: Jährliche Längenzuwachszonen am Rhizom. m_1: alter Markteil eines abgefallenen Sprosses. m_2: jüngste Markteile. R: Rindenteil. c: Kambium und jüngster Gefäßteil. Bl: Blattscheiden entwickelter Blätter, deren Basis an die Peripherie verschoben wird. Kn: Knospenanlage für die Blätter des folgenden Jahres. Sp: Blühender Sproß. mr_1: Reste des mechanischen Ringes im Rhizom. mr_2: Mechanischer Ring des Blütenschaftes. T: Trennungsschicht von Rhizom und Sproß. Skn_1 und Skn_2: Seitenknospen.

Der innere Bau des Rhizoms. Da die anatomischen Verhältnisse von Wurzel und Rhizom verschieden sind, so soll auch hier eine getrennte Behandlung stattfinden.

Das Rhizom wird deshalb zuerst besprochen, weil die Anatomie desselben komplizierter ist und sich dadurch die spätere Beschreibung der Wurzel sehr vereinfacht.

Ueberdies hat A. Meyer die Wurzel in ihrem innern Bau, allerdings mit besonderer Berücksichtigung der jungen Pflanze, eingehend beschrieben, ist jedoch auf das Rhizom nur wenig eingegangen.

Morphologisches über Vegetationspunkte und jüngste Anlagen des Rhizoms folgt im Zusammenhang mit der Anatomie, weil sich die äußern Verhältnisse am besten unter Berücksichtigung des innern Baues beschreiben lassen.

Die Behandlung der Zellinhaltstoffe beschränkt sich auf Oxalate, Oel und Stärke, da nur diese im vorliegenden Fall von direktem Interesse sind.

Der radiale Längsschnitt durch das Rhizom zeigt schematisch folgendes Bild: (vergl. Fig. 11.)

Der Rindenteil des Rhizoms nimmt $^1/_5$ bis höchstens $^2/_5$ des Radius ein und erreicht damit nur teilweise die Mächtigkeit des Phloëms einer Wurzel von gleichem Durchmesser.

Die in der Wurzel unregelmäßig im ganzen Parenchym innerhalb des Kambiums verteilten Gefässe und Gefäßgruppen sind im Rhizom auf eine äußere Zone beschränkt und umschließen ein zum Vegetationspunkt hin immer mächtiger werdendes Mark. Letzteres ist frei von Gefässen oder läßt nur einzelne meist kleine, äußerst selten wenige größere, sekundär entstandene Gefässe erkennen.

Nahe dem Vegetationspunkt erreicht das Mark seine größte Mächtigkeit, während der Gefäßteil, von unten nach oben schmäler werdend, schließlich als ein einziger Kranz von Gefässen einbiegt und, in fast horizontaler Richtung dem Vegetationspunkt zustrebend, enger wird und so das Mark völlig einschließt.

Der Rindenteil besitzt an der Biegungsstelle am Rhizomende noch eine Dicke von 2 bis 4 mm, verläuft dann aber, schnell an Mächtigkeit abnehmend, gegen den Vegetationspunkt hin, sodaß letzterer in der Regel eingesenkt erscheint. Nur in den ersten Wochen jeder Vegetationsperiode ist das Gebiet der innersten Blattanlagen stark aufwärts gewölbt, indem dort die Zellteilung zuerst einsetzt, ohne auf das umgebende Gewebe überzugreifen.

Die Gefässbündelgruppen der jungen Blattanlagen verlaufen in fast senkrechter Richtung, d. h. annähernd parallel der Hauptachse quer durch den Rindenteil und münden innerhalb desselben, stark ausbiegend, in den hier noch fast

horizontal verlaufenden Gefäßstrang des Rhizoms. Die Blattspurbündel der abgestorbenen Blätter sind, nach abwärts an Deutlichkeit verlierend, als hellere Radiallinien sichtbar und endigen stets in der Nähe der innersten Gefäßgruppen, gegen die sie abgebogen erscheinen. Durch das Wachstum des Markes wird die Rindenpartie am Scheitel seitlich in die senkrechte Lage gedrängt, sodaß die Blattbasen der im Frühling auswachsenden Blätter im Laufe der ersten Vegetationsperiode seitlich geschoben und allmählich an die Außenseite des Rhizoms gerückt werden, wo sie im Spätherbst absterben.

Die eingeschlossene Knospe wächst ihrerseits im Laufe des Herbstes stark heran und sprengt bei einigermaßen warmer Witterung die durch die mächtigen Blattspurbündel noch fest am Rhizom haftenden Blattscheiden der alten abgestorbenen Blätter seitlich auf. Diese Tatsache zeigt, daß die junge Knospe einen Schutz durch die alten, lange am Rhizom haftenden Blattscheiden nicht benötigt, entgegen einigen Angaben in der Literatur, daß die lange erhaltenen Blattreste als Schutzorgane aufzufassen sind. Mitten im Winter ausgegrabene Wurzelstöcke, deren Vegetationspunkte in den Boden hineingezogen waren, zeigten fast ausnahmslos an der Basis aufgesprengte Blattscheiden, aus denen die schon grüne, feste spitz-kegel-förmige Knospe hervorschaute.

Die äussern Blattpaare sind fast bis zur Spitze verwachsen, ihre Spreiten also nur sehr wenig entwickelt (Fig. 9). Diese äussern Blattanlagen schützen die innern, im Frühling allein zur vollen Entfaltung gelangenden Anlagen vor den Einflüssen des Winters, bleiben dann aber im Frühling selbst im Wachstum fast ganz zurück. Die Blattensertionsstellen dieser nur wenig zur Entwicklung gelangten äußeren Blattpaare sind es, die dicht aneinander gedrängt, im Verlaufe des Rhizomwachstums als oft deutlicher Wulst nach außen geschoben werden und dadurch die einzelnen Jahreszuwachszonen begrenzen. Die mit der Bildung von blühenden Sprossen im Zusammenhang stehende Entwicklung neuer Vegetationspunkte aus den vierzeiligen Knospenanlagen hat bis zum Spätherbst eine gewisse Höhe erreicht. Die Knospen besitzen zu dieser Zeit eine Länge von 1 bis 1,5 cm und überwintern ebenfalls ungeschützt im Boden.

Das mikroskopische Bild. Querschnitt: Ein etwa bei 6, Fig. 11 ausgeführter Querschnitt zeigt folgendes

mikroskopisches Bild (siehe auch Mikrophotographie Fig. 12): An der Peripherie wenige Reihen tangential gestreckter, gelblicher bis braungelber, dünnwandiger Korkzellen. Darunter kein Phelloderm. Unmittelbar auf das nicht immer deutliche Korkkambium folgt als schmale Zone ein aus runden bis wenig tangential gestreckten, ovalen Zellen bestehendes, oft scharf ausgeprägtes Kollenchym der primären Rinde. Das bis zum kreisförmig verlaufenden, zarten, als etwas dunklere Linie erkennbaren Kambium sich erstreckende sekundäre Rindenparenchym besteht aus verhältnismäßig großen, besonders im äußern Teil deutlich von einander gelösten, abgerundeten, gleichmäßig dickwandigen Zellen, die nicht selten in tangentialer Richtung noch stärker zusammenhängen, was durch sekundär auftretende Teilung verursacht ist. Das dem Kambium genäherte Parenchym zeigt deutlich strahlige Anordnung und besteht aus rundlich-polygonalen, verhältnismäßig dünnwandigen Zellen. Dazwischen liegen ziemlich unregelmäßig zerstreut, gelegentlich tangential etwas geordnet, die durch ihren Glanz meist deutlich hervortretenden, im peripherischen Phloëm fast stets obliterierten und gequollenen Siebröhrengruppen.

Innerhalb des Kambiums findet man im Xylem in konzentrischen, nach innen an Schärfe abnehmenden Kreisen die radial durch Parenchym in Gruppen getrennten Gefässe, welche neben den meist kleinen Gruppen auch vereinzelt zerstreut liegen können (Fig. 12). Diese Anordnung der Gefäße in konzentrischen Kreisen, die auf Grund schon früher besprochener morphologischer Beobachtungen als Jahresringe anzusehen sind, ist für das Rhizom von Gentiana lutea typisch, aber nur in seinen jüngern Teilen deutlich erkennbar.

Das Innere des Querschnittes besteht aus großen, polygonal-abgerundeten Zellen, dem Mark, das von Interzellularen durchzogen, jedoch selten stark zerrissen ist (Fig. 14 oben). Im Markgewebe hauptsächlich quer-, nicht selten schräg- und längsdurchschnittene, selten obliterierte Siebröhrengruppen, die auch in der Gefäßzone reichlich und zwar von außen nach innen an Zahl zunehmend vorhanden sind. Ihre Anordnung ist unregelmäßig, doch finden sie sich meist in der Nähe der Gefässgruppen.

Dieses Querschnittbild ändert sich nach dem Vegetationspunkt hin nur insofern, als ein Querschnitt z. B. bei 3 (Fig. 11) nur drei, bei 1 nur noch einen einzigen, radial

in Segmente geteilten Gefäßring aufweist. Während der Rindenteil wie der Gesamtdurchmesser ungefähr gleich geblieben, ist der Markteil auf Kosten der gefäßführenden Partie entsprechend mächtiger geworden.

Anderseits ist weiter abwärts (gegen 7 Fig. 11) an der Uebergangsstelle des Rhizomastes zum ältern Teil des Wurzelstockes ein Mark überhaupt kaum mehr zu erkennen, da die Gefässe zusammengerückt, in unregelmässigen Bahnen mit denen des Mutterrhizoms in Verbindung stehen. Noch weiter unten (etwa bei c Fig. 11) zeigt der Querschnitt dann wiederum das dem ältern Teil zugehörige Markgewebe (m_1), das aber von einem mächtigeren, nur gegen das Kambium hin in deutlich konzentrischen Ringen angeordneten Gefäßteil umgeben ist.

Längsschnitt: Die auf dem Querschnitt genannten Elemente sollen auf dem Längsschnitt eine eingehende Würdigung finden. Ein ungefähr auf gleicher Höhe (Zuwachszone 6, Fig. 11) ausgeführter radialer Längsschnitt zeigt folgende Verhältnisse: Der Kork besteht aus quadratischen, vertikal ungleich grossen, radial in ziemlich regelmässigen Reihen angeordneten Zellen. Von der Fläche gesehen sind die Korkzellen unregelmässig-vielgestaltig, quergestreckt. Der Kork zeigt schwache bis ziemlich intensive Holzreaktion. Bei der Beobachtung des Korkgewebes gegen den Vegetationspunkt hin wird es mehr und mehr unregelmässig, um am jüngsten Jahreszuwachs gänzlich zu fehlen. Dort befindet sich eine einzellige, seltener aus 2 Zellreihen bestehende, durch ihren Glanz auffallende verkorkte Schicht, die als erstes Hautgewebe dient. Meyer beschreibt diese (als erstes Hautgewebe gebildete) Schicht treffend wie folgt (Lit. 20, pag. 505): „Es findet nun überhaupt auch ferner innerhalb der Peripherie der epycotylen Achse die Anlage einer einfachen, verkorkten Trennungsschicht statt, welche, in acropetaler Richtung fortschreitend, Blatt für Blatt abschnürt und nach dem Abfallen der betreffenden Blätter den ersten Schutz des in der Regel unter der Erde bleibenden Rhizomes bildet."

Die Kollenchymzone verläuft entsprechend der äusseren Begrenzung unregelmässig wellenförmig. Die Zellelemente sind wie im Querschnitt rundlich oder etwas in der Richtung der Längsachse gestreckt. Schärfe und Mächtigkeit dieses Zellgewebes ist bei den einzelnen Rhizomtypen starken Schwankungen unterworfen. Im Allgemeinen

findet man meist bei aufrechten, normales und allseitiges Dickenwachstum aufweisenden Wurzelstöcken schwache Verdickung und Quellung, während an der obern Seite älterer liegender, wie bei nicht oder nur wenig in die Dicke gewachsenen, vertikal stehenden Wurzelästen der Kollenchymcharakter, sowie Quellung und Verschleimung sehr stark ausgeprägt ist. Das Rindenparenchym zeigt grossenteils direkt unter dem Kollenchym ovale, abgerundete Zellen, weiter nach innen mehr und mehr Verkettung in vertikaler Richtung, wobei die Zellelemente etwa auf den doppelten Querdurchmesser gestreckt sind. In Kambiumnähe besitzen die Parenchymzellen eine den Kambialzellen entsprechende Höhe, wodurch auch auf dem Längsschnitt eine gewisse Reihenanordnung vorhanden ist. Das in der Umgebung der Siebröhrengruppen gelegene Parenchym ist etwas schmäler, derber und zugleich dichter gelagert.

Gefässe. Die normalerweise beim Dickenwachstum im Rhizom gebildeten, innerhalb des Kambiums befindlichen Gefässe bilden ursprünglich geradlinig parallel der Hauptachse verlaufende oder zwischen den radialen Blattspurbündeln wellenförmig hin- und hergebogene Röhren, deren Glieder bei einem Durchmesser von 20 bis 50 mik. die zwei- bis fünffache Länge besitzen und durch quer- oder schräggestellte ringförmige Durchlochungen mit einander in Verbindung stehen. Die Gefässverdickungen sind unregelmässig spiral-netz- und ring-netzförmig (d. h. die Spiralen oder Ringe sind durch Anastomosen mit einander verbunden, sodass netzähnliche aber unregelmässige Bilder entstehen), seltener in einzelnen Teilen treppen- aber nie rein spiralförmig, und nur im Gebiete des mechanischen Ringes rein netzförmig. Ueberall dort, wo die beschriebenen innern Gefässe fast rechtwinklig auswärts biegend in die Blattspurbündel verlaufen, (Fig. 11), finden sich an der Umbiegungsstelle kurzzylindrische, breitspindelförmige bis ovale und kugelige Gefässe. Gleiche oder ähnliche in der Richtung der Hauptachse gekürzte, meist seitlich kommunizierende Gefässtypen treffen wir auch als erste, rhizomständige Wasserleitungsbahnen in der Nähe der Vegetationspunkte, sowie als Glieder der besonders in ältern Rhizomstücken auffallenden, schräg tangential wie radial verlaufenden Gefässbrücken (Anastomosen). [Fig. 13 gibt ein Uebersichtsbild dieser eigentümlichen Gefässanordnung aus einem tangentialen

Längsschnitt. Die zwischen den Gefässen sichtbaren dunkleren Zellgruppen sind quergeschnittene Reste von Blattspurbündeln.] Die Anastomosen bilden nach der Entwicklung seitlich stehender Knospen die direkten Zuleitungsbahnen zu den neuen Verbrauchszentren, können aber auch eine bloss sekundäre Verbindung älterer, durch Drehung und Zusammenziehen des Rhizoms verschobener und wellenförmig gebogener Gefässe und Gefässgruppen sein. Im extremen Falle bestehen die Anastomosen aus etwas langgestreckten, spindelförmigen Gefässelementen, die beidseitig zwei lochförmige Durchbrechungen aufweisend direkt radiale und tangentiale Brücken darstellen. Die im Sinne der Hauptachse erfolgende Verkürzung der Rhizome ist durch Verschiebung und Ausbuchtung besonders der innersten, ältesten Gefässe und Gefässgruppen deutlich ausgeprägt.

Gefässe ganz anderer Art enthalten die quer durch den Rindenteil in die Blätter verlaufenden Blattspurbündel. Es sind einfach bis doppelt spiralige Gefässtypen, deren Glieder bei einem Durchmesser von 7 bis 20 mik. eine Länge von 80 bis 120 mik. besitzen, also sehr dünn und lang erscheinen.

Die Blattspurbündel sind dem unbewaffneten Auge in quer- und radial längsgeschnittenen, besonders jüngern Teilen frischer Rhizome als helle Linien schon makroskopisch deutlich sichtbar. Während das Blattspurparenchym, dessen Zellen im Rhizomquerschnitt radial stark längsgestreckt sind, dem Dickenwachstum des Rhizoms in der Regel während Jahren folgt und dabei von dem anliegenden normalen Parenchym des Rhizoms scharf abgegrenzt ist, werden die Gefässverdickungen entsprechend dem Dickenwachstum des Rhizoms auseinandergezogen und zerreissen bald. Nach wenigen Jahren (vom Abfallen der zu den Bündeln gehörenden Blättern an gerechnet) findet man die äussern dieser besprochenen, jetzt von einer gelben bis gelbbraunen Masse gefüllten Gefässe der Blattspuren mit dem sie umgebenden Parenchym, das ebenfalls Holzreaktion zeigt, als Pfropfen in der äussersten Rindenpartie. Das äussere Korkkambium greift schliesslich, dieses verholzte Gewebe umgehend, nach einwärts und bildet nach dem Abstossen des letztern im Rindenteil eine schmale, tiefe Falte, die lange erhalten bleibt und von der normalen, durch Stauchung entstandenen Ringelung des Rhizoms leicht

zu unterscheiden ist. So findet man im Rindenteil älterer, stark in die Dicke gewachsener Wurzelstockteile keine Gefässe mehr, während die radial gestreckten Parenchymgruppen der früheren Blattspurbündel meist noch deutlich erhalten sind und mit zunehmendem Alter oft durch ihren Reichtum an Oxalatkrystallen auffallen. (Auf dem Querschnittsbild von Fig. 12 lässt sich eine solche radiale Parenchymlinie erkennen).

Das Mark: Das Mark besteht aus grossen, nahezu isodiametrischen, rundlichen bis polygonalen Zellen, die nur selten etwas längs- oder quergestreckt sind, jedoch sehr oft in der Richtung der Hauptachse fest aneinandergefügt eine eigentliche Reihenanordnung aufweisen. In radialer Richtung ist der Zusammenhang lockerer, oft sind auch ganze Zellreihen von einander getrennt, jedoch nie stark auseinandergewichen oder obliteriert. Das Mark erhält durch die meist geradlinig längs, oft schräg-, quer- und im Bogen verlaufenden Siebröhrengruppen ein charakteristisches Gepräge.

Siebröhrengruppen. Da die Siebröhrengruppen des Rindenteils von denen des Markes wie von den zwischen den Gefässen zerstreut liegenden keine deutlichen Unterschiede aufweisen, so mögen die Siebröhren mit den sie umschliessenden Gewebselementen hier zusammenfassend behandelt werden. Im Querschnitte erscheinen die Gruppen je als ein feinmaschiges, zartrandiges Zellnetz, das aus Siebröhren, Geleitzellen und Kambiformzellen besteht, umgeben von ziemlich derben, unregelmässig meist aber deutlich kollenchymatisch verdickten, lückenlos zusammengefügten Stützzellen.

Während die äusseren Siebgruppen des Rindenteils obliteriert und in ihren Wandungen stark gequollen sind (Verschleimung!), bleiben alle andern, auch die innerhalb des Kambiums liegenden meist bis ins Alter der Pflanze intakt. Die Mächtigkeit der Siebbündel ist sehr verschieden. Neben solchen, die nur eine Siebröhre erkennen lassen, finden sich Komplexe, in denen, wie der Längsschnitt zeigt, die Siebröhren in grosser Zahl zerstreut, oft auch zu zwei und drei zusammenliegen. Die Länge der Siebröhrenglieder entspricht, (worauf schon Meyer hinweist), in den äussern Partien annähernd derjenigen der Kambiumzellen, dagegen erscheinen sie im Mark zwischen dem kugeligen Parenchym

stark gestreckt. Die Siebplatten sind fast stets schräggestellt, ihre Durchlochungen äusserst fein, wodurch die Platten scharf punktiert erscheinen. Das die Siebplatten unmittelbar und fest umschliessende kollenchymatische Gewebe bildet eine Art druckfeste Scheide, die besonders im lockeren Markparenchym von Wichtigkeit ist. Das dieser Scheide zunächstliegende lockere Parenchym weist eine deutliche Orientierung in der Richtung nach den Siebröhrensträngen auf. Diese selbst durchziehen das Markgewebe als unregelmässiges Netz und verunmöglichen durch die Zug- und Druckfestigkeit ihrer kollenchymatischen Stützzellen ein Zerreissen des verhältnismässig lockeren und dünnwandigen Markgewebes, wirken also im gewissen Sinne mechanisch.

Verfolgen wir das Mark mit seinen Siebröhrengruppen gegen den Vegetationspunkt hin, so findet man die Markparenchymzellen stets mehr zusammengedrängt, doch sind die Interzellularlücken sehr weit aufwärts zu verfolgen.

Der Vegetationspunkt fällt durch die im Verhältnis zur Ausdehnung seiner Zellen sehr grosse Zellkerne auf, die dadurch stark gehäuft erscheinen, was event. bei der Pulveranalyse zu berücksichtigen ist.

Gelangt die Pflanze zur Entwicklung eines Blütenschaftes, so zeigen sich im Mark folgende Verhältnisse: Bei der Verfolgung des Markes vom Rhizom in den blühenden Spross fällt es auf, dass schon wenige cm. oberhalb der Uebergangsstelle vom Wurzelstock in den Spross die Siebröhren in einer Zone unmittelbar innerhalb der Gefässe geordnet sind, während das Mark in der Mitte zerrissen und obliteriert ist.

Kurze Zeit bevor der Schaft zur Blüte gelangt, tritt an der Trennungsstelle von Rhizom und Blütenspross im Mark eine durchgehende, ziemlich unregelmässige Querteilung auf, die, bald stehen bleibend, als Initialschicht des durch das Absterben des Sprosses bedingten Wundkorkes aufgefasst werden kann. Die unmittelbar an diese Schicht nach oben anschliessenden Zellen des Sprossmarkes zeigen im Innern bald reichlich ölartige Tropfen. — Jetzt setzt auch die Verholzung des genannten Markes ein, die von der Initialschicht aufwärts fortschreitend nur die Siebröhrengruppen unverändert lässt.

Nach Abschluss der Vegetationsperiode sind auch die Gefässe und Siebröhren durch eine gelbe, harzartige Masse verstopft; damit ist die letzte Verbindung zwischen Wurzelstock und Blütenschaft unterbrochen.

Der vollständig ausgetrocknete Blütenspross kann sehr lange am Rhizom stehen bleiben. Meist bricht er im Laufe des Spätwinters oder Frühlings auf der Höhe der Trennungsschicht glatt ab, doch können auch kleinere oder grössere Teile (Fig. 7) während längerer Zeit, gelegentlich bis zur Vermoderung, am Rhizom hängen bleiben. Unterdessen hat sich aus der genannten Kork-Initialschicht ein mehrere Zellreihen breiter, normaler Wundkork gebildet.

Zur Funktion der Siebröhren (Vergl. Lit. 22) möge noch darauf hingewiesen werden, dass die abnormal im Holzteil vorhandenen Gruppen offenbar beim Abtransport der überall aufgespeicherten Reservestoffe besonders in den Blütenjahren stark beteiligt sind. Dank der überall verteilten Siebröhrengruppen wird eine schnelle Mobilmachung der gespeicherten Nährstoffe sehr begünstigt. In Wirklichkeit kann das Wachstum der oberirdischen, einjährigen Teile der Pflanze sehr rasch vor sich gehen, was nachfolgende Beobachtung beweist: Das Rhizom von Fig. 4 (und 5) besass am 2. Mai zwei kräftige Knospen, die infolge der immer noch kalten Witterung ihre erste Frühjahrsentwicklung kaum begonnen. Am 14. Juni hatten die daraus hervorgegangenen Blütensprosse eine Höhe von 137 bezw. 135 cm erreicht.

Es ist ferner anzunehmen, dass die bis zum Spätherbst in Funktion bleibenden Siebröhren auch den Rücktransport der unverbrauchten Stoffe aus dem absterbenden Blütenschaft in den perennierenden Wurzelstock ausführen, denn mit Ausnahme der Gefässe sind alle andern Verbindungswege lange vorher verschlossen.

Die Ersatzfasern sind im Rhizom von Gentiana lutea nur wenig differenziert, sie greifen mit ihren Enden, die abgerundet oder undeutlich zugespitzt sein können, schwach übereinander. Durch ihre Zellwandverdickungen, die später behandelt werden, unterscheiden sie sich meist deutlich von ihren Nachbarzellen, nicht immer dagegen durch ihre Formen, die alle Uebergänge zum normalen Parenchym darstellen können.

Der mechanische Ring. Der für den Blütenschaft charakteristische, innerhalb des Kambiums der Aussenseite des Gefässringes fest anliegende, stark ausgebildete mechanische Ring endigt nicht an der Trennungsstelle von Blütenschaft und Wurzelstock, sondern ist in die obern Teil des Rhizoms verlängert. An der Eintrittsstelle in letzteres besitzt der Ring noch seine volle Mächtigkeit und ist, nach abwärts weiterlaufend, vorerst nur von den radial gelegenen Blattspurbündeln durchbrochen, nimmt aber bald an Dicke ab und verläuft schliesslich, in einzelne keilförmige Segmente geteilt in der jüngsten Xylemzone unmittelbar innerhalb des Kambiums. Durch diese mechanischen Elemente wird der oft mächtige und schwere Blütenschaft im Wurzelstocke verankert und erhält damit die ihm nötige Biegungsfestigkeit auch an der Uebergangsstelle ins Rhizom. Die Verankerung erstreckte sich bei den verschiedenen untersuchten Exemplaren unregelmässig weit durch 1 bis 3 Längenzuwachszonen des Rhizoms.

Bricht der Blütenspross auf der Höhe der Wundkorkinitialschicht ab (Fig. 11, T), so wird auch der mechanische Ring auf gleicher Höhe abgebrochen, sodass der ins Rhizom weiterlaufende Teil dort verbleibt, also auch in der Droge vorhanden sein muss. Innerhalb der Sprossnarben älterer Rhizomteile findet man oft Partien dieses mechanischen Gewebes als braune, verbogene und zähe Keile im fast weissen Parenchym stecken, wodurch sie schon makroskopisch leicht erkennbar sind. Bei vollständiger Verwachsung der Sprossnarben kann durch Auffinden des Sklerenchymringes bestimmt werden, wo an alten Rhizomstücken früher blühende Sprosse gestanden.

Der Querschnitt durch das rhizomständige, mechanische Gewebe zeigt unter dem Mikroskop besonders in der Nähe des Kambiums radial geordnete, rundlich-polygonale, ziemlich stark und regelmässig verdickte Zellen. Sie schliessen besonders gegen innen vereinzelte oder in kleinen Gruppen zusammenliegende, an Grösse auffallende Gefässe ein. [Mikrophotographie Fig. 14. Man sieht oberhalb (also innerhalb) des mechanischen Ringes das grosszellige Mark; ausserhalb das Rindenparenchym mit den zahlreichen dunklern, kleinzelligen Siebröhrengruppen von unregelmässiger Anordnung]. In der äussern, durch das Kambium scharf abgegrenzten Zone des mechanischen Ringes fehlen die Gefässe fast vollständig. Auf dem Radial- und Tangential-

längsschnitt erscheinen die mechanischen Elemente als lückenlos zusammenschliessende und ineinander verkeilte Sklerenchymfasern. Ihr Verlauf ist manchmal gedreht und verbogen, sodass die einzelnen Zelltypen erst nach der Behandlung der Gewebe mit Schulzes Mazerationsgemisch deutlich sichtbar werden. Die Zellformen zeigen alle Uebergänge vom wenig langgestreckten und verzweigten Typus, (der vorab in der Nähe der Durchbruchstellen der radialen Blattspurbündel zu finden ist), bis zur eigentlichen langgestreckten und scharf zugespitzten Sklerenchymfaser (letztere von 7 bis 25 mik. Breite und bis 350 mik. Länge).

Scharf ausgeprägt sind bei allen Formen die zum Querdurchmesser mehr oder weniger schräggestellten, an der einzelnen Zelle parallel orientierten, zahlreich vorhandenen Spaltentüpfel. Die Tüpfel zusammenliegender Zellwände kreuzen sich stets spitzwinklig. (Die zwischen dem Sklerenchym liegenden Gefässe zeigen, wie schon oben erwähnt, oft Netzstruktur). Sämtliche Elemente des mechanischen Ringes färben sich mit Phloroglucin und Salzsäure rot.

Beim Absterben und späteren Abfallen des Blütenschaftes ist das mechanische Gewebe an der Bruchstelle, genau wie die Gefässe, verstopft. Später zeichnet sich das ganze Gebiet inner- und ausserhalb des Sklerenchymringes und seiner Segmente durch grossen Oelreichtum aus. Dieses Oel scheint bei der früher oder später auftretenden, langsam fortschreitenden Auffüllung des mechanischen Ringes von Wichtigkeit zu sein. Die mechanischen Zellelemente sind vorerst mit einer gelben, klaren Masse angefüllt, die sich mit Alkannin noch rötet und mit Osmiumsäure bräunt. (Gibt also noch die Oel-Reaktion). Der Inhalt wird dann nach und nach fest und undurchsichtig und nimmt eine braune bis schwarzbraune Farbe an. Viefach folgt der Auffüllung die Bildung eines Korkmantels, der bald das ganze mechanische Gewebe abschliesst. (Fig. 15 gibt das vergrösserte Bild eines Querschnittes durch mehrere Segmente des Sklerenchymringes. Man sieht die geschlossenen Korkkambien um jeden einzelnen Komplex herum). — Es ist anzunehmen, dass es sich hier um eine Wundkorkbildung handelt, da einerseits der entwickelte Kork mit dem Wundkork der Blütensprossnarbe in direkter Verbindung steht, anderseits seiner Bildung fast stets eine äussere Schädigung vorausgeht, die in vielen Fällen in den ersten Anfängen zum Stillstand kommt,

gelegentlich aber, weiter um sich greifend, den Wurzelstock zu weiterer Schutzgewebebildung veranlasst.

Während das vom mechanischen Ring begrenzte Mark als lockeres Gewebe die Schrumpfung des Rhizoms mitmacht, der mechanische Ring als starres Gewebe jedoch stets gleich bleibt, bildet sich oft im Laufe der Jahre auf der Sprossnarbe innerhalb des rhizomständigen Skerenchymgewebes eine Einsenkung. Nicht selten tritt von hier aus eine gelegentlich stark fortschreitende Fäulnis auf, die dann meist seitlich durch den oben beschriebenen, um den Sklerenchymring gebildeten Wundkork aufgehalten wird. Bei grösserer Schädigung greift der Wundkork vom mechanischen Ring auf die nächstliegenden Gefässe und Gefässgruppen über und diesen entlang abwärts. Die diesen Gefässen anliegenden Parenchymzellen beginnen sich lebhaft in tangentialer Richtung zu teilen. Es entstehen so einander genäherte, ringförmige sekundäre Korkkambien in grosser Zahl, deren neu erzeugte Gewebe, das Parenchym verdrängend, schliesslich aneinanderstossen und so den ersten, innern Schutz gegen die fortschreitende Schädigung bilden. (Vergl. Mikrophotographie Fig. 16).

Ist einmal die Zerstörung durch dieses eigenartige Wundkorksystem aufgehalten, so bleibt dasselbe nur kurze Zeit in dieser Funktion als Schutzgewebe. Bald tritt in einer noch gesunden Parenchymzone normale Wundkorkbildung auf, worauf das erste Schutzgewebe abgeworfen wird.

Diese in Fig. 16 dargestellte, kreisförmige Wundkorkanlage um Gefässe ist nicht auf die Gebiete in der Nähe des Sklerenchymringes beschränkt, sondern zeigt sich in der Pflanze überall dort, wo in Gefässnähe eine Schädigung verursacht wird. Oft füllen sich die vom Kork umgebenen Gefässe mit der beim mechanischen Ring besprochenen gelben Masse, die auch hier nachdunkelt.

Poren. Flächenbild. Während in aufgehellten, ungefärbten Schnitten nur die gekreuzten Spaltentüpfel des sklerenchymatischen Gewebes scharf hervortreten, die unverdickten Stellen des ganzen unverholzten Parenchyms aber nur in ihren Umrissen mehr oder weniger deutlich sichtbar sind, geben Chlorzinkjodpräparate besonders der Längsschnitte scharfe Bilder der Zellrandverdickungen. Sämtliche unverholzte Elemente, mit

Ausnahme weniger Zellreihen in der Nähe der Vegetationspunkte und des Kambiumringes, sind deutlich differenziert.

Dem Spaltentüpfelsystem der mechanischen Elemente stehen die Ersatzfasern, die schräge Parallelstreifung zeigen, am nächsten. Die Streifen zweier aneinanderstossender Zellwände kreuzen sich, wodurch die gitterähnlichen Bilder entstehen.

Die runde, grosse Porenplattenform besitzt das Markgewebe, sowie zum Teil auch das Rindenparenchym besonders schön. Im jungen Stadium erscheinen die Porenplatten von unregelmässig netzartiger Struktur, die durch die ungleich breiten, meist feinen, gerade verlaufenden, an zusammenliegenden Wänden sich nur zum Teil deckenden Verdickungsleisten verursacht ist. Bei der spätern Differenzierung verschleiern sich diese Porenplatten durch Verbreiterung und Verdickung ihrer Leisten. An vielen Stellen wachsen auch einzelne Lamellen stark heran, sodass die ursprüngliche Porenplatte in einzelne bis viele scharf von einander getrennte Poren geteilt wird, die schliesslich bis auf kleine, rundliche bis spaltenförmige Tüpfel reduziert oder ganz aufgefüllt werden können. Diese fortschreitende Auffüllung geht oft Hand in Hand mit der Lockerung und Abrundung des Rinden- und Markparenchyms.

Der Querschnitt durch die verdickten Zellwände des Parenchyms lässt erkennen, dass alle stärkern Verdickungsschichten beiden Zellen eigen sind. Die quergeschnittenen Zellwandungen zeigen oft perlschnurartige, oft ganz unregelmässige Verdickungen. Die Lamellierung der Porenplatten ist dabei so dünn, dass sie gegenüber den dicken Zellwänden gar nicht in Betracht fällt.

Das sogenannte „Oel“ ist nach Hartwich und Uhlmann (Lit. 10) unverseifbar und wahrscheinlich ein den Cholesterinfetten ähnlicher Körper. Sein Geschmack ist bitter und scharf. Es findet sich besonders reichlich in den jüngsten Rhizomteilen und Knospenanlagen im Winter gegrabener Wurzelsysteme. Während der Vegetationsperiode ist der Gesamtgehalt an Oel geringer. Nur in unmittelbarer Nähe des Korkes, des mechanischen Ringes, der Phloëmgruppen, sowie da und dort auftretender Verletzungen ist es stets ziemlich reichlich vorhanden.

Die Zellkerne fallen überall durch ihre gleichmässige bedeutenden Grösse auf.

Calciumoxalatkristalle. Der Oxalatgehalt ist bei den einzelnen Pflanzen sehr wechselnd, doch in der Regel ziemlich bedeutend. Nicht selten kommen die Krystalle in solcher Menge vor, dass bei aufgehellten Schnitten schon mit unbewaffnetem Auge massenhaft dunkle Punkte auffallen, die sich unter dem Mikroskop als ein Gewirr von Krystallen darbieten. Während in einzelnen Drogen der Oxalatgehalt in Rhizom und Wurzel ziemlich gleichmässig ist, finden sich in den meisten Wurzelstöcken bedeutend grössere Mengen als in den ihnen zugehörigen Wurzeln, wobei der Krystallgehalt im Rindenteil einzelner Rhizome einen Höchstgehalt erreicht. (Vergl. Fig. 16: Die dunklen Stellen in einzelnen abgerundeten Parenchymzellen sind Oxalatkrystallhaufen; ebenso Fig. 12).

Was die Krystallform betrifft, so treten neben den feinen, nicht sehr langen Nadeln, die in der Regel die Hauptmenge ausmachen, in grosser Zahl für sich oder unter die Nadeln gemengt etwas grössere, einfache oder zu Zweien unter stumpfem Winkel zusammengewachsene monokline Tafeln, sowie gelegentlich lange, dünne Prismen auf.

Die Grösse der Krystalle schwankt stark; oft sind vom kaum erkennbaren Nädelchen bis zu Krystallen von 30 und mehr mik. alle denkbaren Grössen vorhanden, doch überwiegen die kleinern Formen stark. In der lebenden Zelle sind die Krystalle entweder im ganzen Zellraum verteilt oder an einzelnen Stellen strahlenförmig bis raphidenähnlich gruppiert oder gehäuft, im aufgehellten Schnitt wie in der getrockneten Droge durch den zusammengezogenen Protoplasmaschlauch in Klumpen zusammengeballt.

Tschirch (Lit. 27) weist darauf hin, dass im Mesophyll der Blätter von Gentiana lutea Kalkoxalate des regulären Systems vorkommen, die aber in der Droge bis jetzt nicht beobachtet wurden. Ab und zu fand ich nun auch Rhizome, die im Rindenteil (weniger im Holzteil und Mark) eine grosse Zahl von regelmässig und gross ausgebildeten Würfeln und Oktaedern abgelagert hatten, (vergl. Fig. 17), von denen einzelne Rindenpartien völlig überschwemmt waren. Nicht selten überdeckten später abgelagerte Oxalatnadeln die grossen Krystalle völlig.

Stärke. Die Frage, ob, wann und in welchen Mengen Stärke vorkommt, wurde eingehend geprüft. Dabei wurde

keine völlige Uebereinstimmung mit früheren Beobachtungen erzielt, wonach der Stärkegehalt nur im Winter vorkommen soll.

Zahlreiche Untersuchungen an frischem, zu den verschiedenen Jahreszeiten gesammeltem Material ergaben, dass Stärke nie in grossen oder mittleren, sondern, wo sie überhaupt nachzuweisen ist, stets nur in geringen Mengen sowohl im Rhizom wie in der Wurzel zerstreut vorkommt. Eine typische Anreicherung während des Winters konnte nicht beobachtet werden.

ANATOMIE DER WURZEL

Obwohl die junge, kaum 1 mm dicke Wurzel pharmakognostisch von keiner Bedeutung ist, so soll ihr anatomisches Bild doch der Vollständigkeit halber auch hier kurz beschrieben werden. (Vergl. auch Lit. 20).

Eine etwa 0,5 bis 0,8 mm dicke Wurzel von Gentiana lutea weist folgendes **Querschnittsbild** auf: Aussen eine einseitig stark verdickte, gelbliche Epidermis. Darunter eine Schicht glänzender, verkorkter, meist durch eine unverkorkte Querwand in zwei Teile geteilter Zellen, die Hypodermis. Es folgt eine Schicht noch fast lückenlos zusammengefügter Parenchymzellen, die meist nicht stark von dem nach innen an die Endodermis angrenzenden Parenchym verschieden ist, das aus 2 bis 3 Zellreihen besteht und deutliche Interzellularen aufweist. Dieses Parenchymgewebe zerreisst und obliteriert beim Dickenwachstum des innern Wurzelteiles rasch, sodass das ausserhalb der Endodermis gelegene Gewebe bei der kaum 1 mm dick gewordenen Wurzel bereits abgestorben und oft noch als intakter, schwarzbrauner Mantel den innern lebenden und in die Dicke wachsenden Teil umgibt, oder bereits abgeworfen ist. Die Endodermis besteht bei der besprochenen 0,5 bis 0,8 mm dicken Wurzel aus charakteristischen, tangential gestreckten, glänzenden Zellen, die verkorkt, gegen die Enden etwas verschmälert, und radial drei- bis mehrfach durch feine, unverholzte Querlamellen geteilt sind.

Auf die Endodermis folgt ein meist drei Reihen breites, lückenlos zusammenschliessendes Zellgewebe. Meyer (Lit. 20) sagt darüber: „[Auf die Elemente des zunächst innerhalb der Endodermis gelegenen Pericambiums] folgt noch eine Lage ebenfalls lückenlos verbundener Zellen, welche die

Initialzellen der sekundären Hypodermisschicht werden. — Hat der Durchmesser der Wurzel etwas mehr als 1 mm erreicht, so beginnt in der Pericambiumschicht eine Tangentialteilung der Zellen, welche zentripetal fortschreitet und zur Entstehung einer Korkschicht Veranlassung gibt, durch welche die innere Endodermis abgestossen wird."

Im Holzparenchym sind die ursprünglich in zwei Gruppen angeordneten Gefässe bereits zahlreich, und unregelmässig zerstreut.

Die Endodermis folgt dem Dickenwachstum der Wurzel meist nur kurze Zeit, doch fand ich sie in seltenen Fällen (z. B. in einzelnen weissen, rhizomständigen Wurzeln von Fig. 2, wo das Dickenwachstum sehr rasch vor sich gegangen sein muss) bei einer Wurzeldicke von 4 bis 6 mm noch vor, wobei die radiale Teilung bis zur Bildung von 50 Querwänden fortgeschritten war. Fast ausnahmslos ist bei dieser Dicke die Endodermis jedoch längst abgeworfen und durch Kork ersetzt, der in der Form demjenigen des Rhizoms entspricht.

Die Beschreibung der Querschnitte erstarkter, bis 1 cm. dicker, also pharmazeutisch wichtiger Wurzeln kann kurz gefasst werden, weil die Verhältnisse in den meisten Beziehungen mit denen des Wurzelstockes übereinstimmen.

Der Rindenteil der Wurzel ist gewöhnlich etwas mächtiger, als bei dem in der Dicke entsprechenden Rhizom. Er erreicht nicht selten den halben Radius der Wurzel. Der Kork ist in der Regel 5 bis 8 Zellreihen breit, bei rasch in die Dicke wachsenden Wurzeln oft nur dreireihig, da die äusseren Korkpartien schnell zersprengt werden und abschilfern. Das Kollenchym ist selten deutlich ausgeprägt, jedenfalls nie so charakteristisch, wie in gewissen früher beschriebenen Rhizomteilen. Die radiale Anordnung des Rinden- und Holzparenchyms tritt meist deutlich auf und erstreckt sich vom Kambium nach innen und aussen weiter als beim Wurzelstock.

Die über den ganzen Querschnitt innerhalb des Kambiumringes verteilten Gefässe zeigen im äussern Xylemteil der meisten Wurzeln radiale, wenn auch unregelmässige Reihenanordnung. Die beim Rhizom oft deutlich ausgeprägte Jahresringbildung (durch charakteristische Anlage der Gefässe: Fig. 12) ist nur in den mächtigsten, dem Wurzelstock genäherten Wurzelstücken undeutlich zu sehen.

Während das Xylem der Wurzel wie des Rhizoms in Kambiumnähe ziemlich dichtgefügt erscheint, ist im zentralen Wurzelteil eine besonders bei mächtigen Stücken weit fortgeschrittene Lockerung und Abrundung der Parenchymzellen zu beobachten, (Vergl. Fig 4 b : weiss erscheinender zentraler Teil), die manchmal stark an die Verhältnisse im Mark des Rhizoms erinnern. In diesem gelockerten Xylemteil findet man oft eine auffallend strahlige Anordnung der Parenchymzellen um die einzelnen zerstreut liegenden Gefässe. Die kreisförmige Korkgewebebildung um Gefässe und Gefässgruppen kommt auch in der Wurzel nicht selten vor (vergl. „mechanischer Ring").

Längsschnitt. Für den Wurzellängsschnitt ist im Vergleich mit den Verhältnissen beim Rhizom die regelmässigere Zellanordnung auffallend. Sämtliche Zellen besitzen von innen bis gegen den Kork hin fast dieselbe Länge und lassen schon makroskopisch im durchfallenden Licht eine feine Querstreifung erkennen, die dadurch zu Stande kommt, dass alle Querwände auf gleicher Höhe liegen und zudem die Oxalatkrystalle im untern Zellende gehäuft sind.

Dadurch, dass sich die Wurzeln an der alljährlichen Verkürzung in der Richtung der Hauptachse wenig beteiligen, befinden sich alle Zellen in der ursprünglichen Lage und Ausdehnung. Selbst die Gefässe und Gefässgruppen verlaufen überall geradlinig und sind nur selten im innern, gelockerten Xylem schwach hin- und hergebogen. Sekundär auftretende, kurzgliedrige bis aus kugeligen Teilen bestehende Gefässreihen fand ich nur selten im stark erweiterten und gelockerten Parenchym, das übrigens, genau wie das Mark, in der Richtung der Hauptachse bedeutend stärker verkettet ist als radial und quertangential.

GENTIANA PURPUREA L.

Verbreitung. Gentiana purpurea kommt nur in einzelnen Gebieten der Schweizeralpen verhältnismässig häufig vor. Sie bevorzugt die nördlichen, äussern Alpenketten (Voralpen), ist in den Zentralalpen seltener oder ganz fehlend, tritt dann am Südfusse der Alpen wieder etwas reichlicher auf. Im Osten reicht Gentiana purpurea bis ins Unter- und Oberengadin sowie an den Südosthang der Appenzeller-Alpen und kommt auch vereinzelt noch im Allgäu und Vorarlberg vor. Die Westgrenze bildet Savoyen. Die Pflanze findet sich ferner, wenn auch nie in solchen Mengen wie in der Schweiz, im Apennin und den apuanischen Alpen, in Skandinavien (besonders Norwegen), sowie in Kamtschatka (Ostsibirien).

In der Schweiz traf ich den purpurroten Enzian in Höhenlagen von 1200 bis 2300 m.

Standortsverhältnisse. Gentiana purpurea entwickelt sich vorzüglich in kalkhaltigem, humusreichem, feuchtem, aber nicht sumpfigem Boden baumloser Weideplätze und zerklüfteter Karrenfelder wie auch in felsigem, lehmhaltigem Boden. Die Standorte sind oft zugleich von Rhododendron, Azalea, Nardus und Cladonia reich besiedelt. Oft findet sich die Pflanze auch im Halbschatten von Jungholz und Sträuchern sowie in lichten Nadelholzwaldungen subalpiner Regionen.

Eine Bevorzugung kalkreichen Bodens ist meist deutlich ausgeprägt, doch kommt der purpurrote Enzian nach Schröter (Lit. 23) z. B. im Kanton Wallis nur selten auf Kalkgestein vor.

Der äussere Bau. Dem nur 40 bis 70 cm. hohen und selten 1 cm dicken, hohlen Blütenschaft entspricht die gegenüber Gentiana lutea auch bedeutend geringere Mächtigkeit von Wurzel und Rhizom.

Bei einer normalen Dicke von 1,3 bis 2,5 cm erreicht die mächtigste Wurzel eine Länge von 1,2 bis 2,0 m, übertrifft also im Durchschnitt die Längenverhältnisse viel stärkerer

Wurzeln von Gentiana lutea. Mehrmals traf ich auch Pflanzen mit Wurzeln von mehr als 2 m Länge, doch gelang es mir nie, dieselben in ihrer ganzen Ausdehnung aus dem Boden zu bringen, ohne dass Teile davon rissen oder brachen, was auf die geringe Zug- und Biegungsfestigkeit infolge Mangels an eigentlichen mechanischen Elementen zurückzuführen ist. So musste auf eine interessante photographische Reproduktion eines so ausgedehnten Wurzelsystems verzichtet werden. Unsere Messungen wurden später dadurch bestätigt, dass uns Herr Dr. Amberg, Apotheker in Engelberg, einen Wurzelstock mit einer 2,2 m langen, intakten Wurzel übersandte, wobei die äussersten, jüngsten Wurzelteile immer noch nicht vorhanden waren. Aus der Mächtigkeit des obersten, dem Rhizom anliegenden Wurzelteiles und seiner regelmässigen Dickenabnahme auf eine kürzere oder längere Strecke, kann keineswegs auf die Längenausdehnung der ganzen Wurzel geschlossen werden, weil letztere manchmal auf ziemlich kurze Distanz an Mächtigkeit stark abnimmt, um nachher bei fast gleichbleibendem Durchmesser bis zu einem Meter weiterzulaufen und sich dann plötzlich weit zu verzweigen.

Gentiana purpurea neigt zur Bildung eines einfachen Wurzelsystems, das sehr oft aus einer einzigen, wenig oder nicht verzweigten, scheinbaren Hauptwurzel besteht, die in Wirklichkeit wie bei Gentiana lutea, durch Uebergipfelung entstanden ist.

Die Wurzeln verlaufen selten auf längere Strecken geradlinig, meist sind sie schwach hin- und hergebogen, wobei an der konvexen Seite der Biegungsstelle manchmal der im Wachstum meist stark zurückgebliebene Wurzelast noch als Anhängsel vorhanden, manchmal abgestorben und durch das Dickenwachstum bereits abgeworfen ist, sodass dann ein bedeutender Teil der Wurzel vollständig nebenwurzellos erscheinen kann. Fig. 18 zeigt die besprochenen Verhältnisse deutlich. Die noch junge Pflanze stand mit andern Exemplaren in einem ausgedehnten Alpenrosenfeld, wobei die Wurzel in dem weichen, tiefen Humus die hier gegebene Stellung innehatte, während der ganze Rhizomteil in den Gebüschen versteckt aber über der Bodenoberfläche stand. Ein so reichliches Wurzelsystem, wie das Fig. 2 von Gentiana lutea zeigt, kommt bei der besprochenen Pflanze nie vor. Das Rhizom zeigt bei der jungen Pflanze zuerst naturgemäss einfache Verhältnisse, doch

kompliziert sich der Bau deshalb früher als bei der gelbblühenden Pflanze, weil Gentiana purpurea schon nach 6 bis 12 Jahren, selten später, den ersten Blütenschaft entwickelt und später meist schon nach 3 bis 6, gelegentlich sogar nach 2 Jahren an jedem kräftigen Vegetationspunkt zur Blüte gelangt. Durch die Entwicklung stets zahlreicherer Vegetationspunkte (nach dem Abblühen jedes Sprosses meist zwei), wird das Rhizom im Laufe der Jahre bei gesunden, kräftigen Pflanzen bald mehrfach unregelmässig gabelig und geht dann fast stets durch Entwicklung von dem Boden genäherten Knospenanlagen, sich ausbreitend, in die horizontale Lage über, wobei die einzelnen Vegetationspunkte, wie alte Sprossreste, noch vertikal stehen. Das Auftreten eigentlicher Blütenjahre mit vorausgehenden und nachfolgenden Jahren rein vegetativen Wachstums ist bei Gentiana purpurea viel weniger ausgeprägt, als dies bei Gentiana lutea beschrieben wurde. So entwickelt sich bei kräftigen Pflanzen fast alljährlich eine wechselnde Zahl von Blütensprossen, die oft vier bis acht, in seltenen Fällen 10 bis 13 betragen kann. Fig. 19 zeigt ein für eine grosse Zahl von Gentiana purpurea typisches, noch junges, aber kräftiges Rhizomstück. Dabei ist o ein abgestorbener hohler Sprossrest eines Blütenschaftes des Vorjahres, d^1 bis d^5 sind die in den zurückgeschnittenen Blattscheiden stehenden Reste abgeschnittener, diesjähriger Blütensprosse, während M^2 und n^3 Blattscheiden noch rein vegetativer Rhizomteile darstellen, wobei die ineinander liegenden Blattbasen deutlich zu erkennen sind. In den Winkeln der Rhizomäste ist überdies eine grosse Zahl von Blütensprossnarben vorhanden, von denen einige deutlich sichtbar sind.

Verhältnismässig scharf sind am Rhizom von Fig. 19 auch die jährlichen Längenzuwachszonen der einzelnen Rhizomteile zu erkennen, da jeder Jahreszuwachs durch einen erhabenen Querring begrenzt ist. Diese primär entstandene Querringelung ist infolge des meist geringen Dickenwachstums des Wurzelstockes im Gegensatz zu Gentiana lutea sehr oft bis ins Alter erhalten.

Rhizomtypen einfacheren Aufbaues zeigt Fig. 20. Die alten Blütensprossnarben sind zum Teil durch Ausschneiden auffällig gemacht. Die Schnittflächen zeigen die rein weisse Farbe des Innern. Das Rhizomstück C zeigt einen in der Entwicklung begriffenen Blütenschaft, sowie am andern

Aste drei deutlich erkennbare kurze (v^2), wie einen etwas längeren, abgestorbenen Blütenschaftsrest (v^1). Zu beiden Seiten des Letzteren stehen die jungen Blätter von zwei neuen Vegetationspunkten. Die Querringelung ist bei diesen drei Wurzelstöcken weniger ausgeprägt als bei Fig. 19. Das Rhizomstück A Fig. 20 ist nur mit quergestreckten, kurzen Einbuchtungen bedeckt, die teils als frühere Eintrittsstellen von Blattspurbündeln, teils als Reste der auch hier, wie beim gelbblühenden Enzian ursprünglich vierzeilig angeordneten Knospenanlagen aufzufassen sind.

Selbst bei starkem jährlichem Rhizomzuwachs tritt eine deutliche Verkürzung des Wurzelstocks in der Richtung der Hauptache nur vereinzelt und nie in so starkem Masse wie bei Gentiana lutea auf. An der Verkürzung beteiligen sich neben dem ältesten, meist einfach gebliebenen Rhizomteil die dicksten, dem Wurzelstock zunächstliegenden Wurzelstücke. Durch den Uebergang des verzweigten Rhizoms in die horizontale Lage sowie bei dem häufigen äusseren Schutz durch benachbarte Pflanzen, wird die Verkürzung oft unnötig und fällt dann zum grössten Teil weg. Die horizontale Lage des oft reichlich verzweigten Wurzelstockes des purpurroten Enzians erinnert schon vielfach an das starre System bei Gentiana asklepiadea, wo infolge des äusseren und inneren Baues eine Verkürzung des Rhizoms so gut wie ausgeschlossen ist.

Ein starkes Breitenwachstum des Wurzelstockes auf Kosten des Längenzuwachses, wie es Fig. 4 und 5 bei Gentiana lutea gelegentlich zeigt, kommt bei Gentiana purpurea nicht vor. Somit verändert sich der Rhizomtypus letzterer Pflanze sekundär selbst im Laufe vieler Jahre nur wenig, die reichlich vorhandenen Blütenschaftsnarben werden weder überwuchert noch stark verschoben, sodass sie fast stets leicht erkennbar sind.

Eine scharfe Trennungslinie zwischen Wurzel und Rhizom ist bei erstarkten Pflanzen kaum nachzuweisen, da die Querringelung der obern Wurzelteile ebenfalls deutlich ist, der anschliessende älteste Rhizomteil aber weder in Form noch Farbe stark von den Wurzeln abweicht, die im Alter meist dunkler gefärbt sind als entsprechende Stücke von Gentiana lutea. Nur jüngere und stark in die Dicke gewachsene Wurzelstöcke besitzen eine hellgelbe, der Droge von Gentiana lutea entsprechende Farbe. Eine Erklärung des Farbenunterschiedes ist durch folgende Beobachtung

möglich: Da die Korkzellen der Enzianwurzeln, wie die Untersuchungen zeigten, im Jugendstadium hell sind und erst im Laufe der Zeit nachdunkeln, so besitzen alle diejenigen Wurzeln eine gelbe bis fast weisse Farbe, die sich in sehr kurzer Zeit stark entwickelt haben, deren äussere Korkzellen also schnell zerrissen, abschilferten und durch neue Reihen ersetzt werden mussten. Schon früher (Fig. 3) wurde auf diese Verhältnisse hingewiesen. Da das Dickenwachstum der Wurzeln wie der Rhizomteile in der Regel nur langsam erfolgt, sind die äussern Korkreihen verhältnismässig alt und darum von dunklerer Farbe. Das Phellogen scheint stets nur den zerrissenen und abgeschilferten Kork zu ersetzen, nie aber unabhängig von der äusseren Abnutzung eine mächtigere Korkschicht zu bilden.

Während die Farbe der frisch gegrabenen Droge von Gentiana punctata und Pannonica ähnlich erklärt werden kann, sind bei Gentiana asklepiadea andere Verhältnisse massgebend. Von bedeutend dunklerer, bisweilen fast braunschwarzer Farbe sind besonders die jüngsten Aeste des Wurzelstocks des purpurroten Enzians. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die abgestorbenen, am Rhizom bleibenden Blattreste durch das geringe Dickenwachstum des Rhizomes im ersten Jahre nicht abgesprengt werden, sondern, einmal eingetrocknet, lange Zeit als dunkle Schuppen am Rhizom festhaften können.

Stärkekörner konnten wohl bei einzelnen Pflanzen festgestellt werden, doch zeigte es sich, dass Stärke zu jeder Jahreszeit vorhanden sein, aber ebenso gut vollständig fehlen kann. Als Reservestoffe sind die sehr geringen Mengen von Stärke für die Pflanze von keiner Bedeutung. Bei schön runder bis ovaler und unregelmässiger Form wechselte die Grösse der Einzelkörner von 2 bis 30 mik. Daneben fand ich auch unregelmässige, vielkörnige Klümpchen und Reste zerstörter Körner auf, die sich mit Jod ebenfalls bläuten. — Gerbstoff wurde nie beobachtet.

Der beim gelbblühenden Enzian beschriebene Wurmfrass konnte auch bei Gentiana purpurea mit ziemlicher Sicherheit nachgewiesen werden, da mehrmals dieselben typischen Wurmgänge im Rindenteil wie im Mark vorgefunden wurden, jedoch ohne darin die Raupe anzutreffen. Die Schädigung trat bei Gentiana purpurea nur selten und stets in Gebieten unter 1600 m auf. Da mit zunehmender Höhenlage der Wurmfrass auch bei Gentiana lutea deut-

lich abnimmt, und in höheren Gebieten nur noch vereinzelt angetroffen wird, so kann daraus geschlossen werden, dass der Schädling diese Höhen nicht mehr erträgt.

Fig. 21 ist das Bild eines Wurzelstockes, der in seinen ältern Teilen aussen und innen stark zerfressen ist. Der noch gesunde Rhizomteil sucht sich durch Ausbildung von rhizomständigen, neuen Wurzeln vom geschädigten Teile unabhängig zu machen. Es ist auffallend, dass bei gesunden Wurzelstöcken von Gentiana purpurea die sekundäre Bildung rhizomständiger Wurzeln, wie sie Fig. 21 darstellt, auch bei weitverzweigten Rhizomtypen ziemlich selten vorkommt.

Aehnlich wie bei Gentiana lutea fallen auch bei dem purpurroten Enzian Alterserscheinungen auf. Oft geht die Zahl der blühenden Sprosse mit dem 35.—50. Jahre bereits zurück. Der jährliche Rhizomzuwachs vergrössert sich in der Richtung der Hauptachse, während das Dickenwachstum völlig zurückbleibt. Die jüngsten Rhizomäste erscheinen dann lang und dünn (Fig. 1 A) und gelangen schliesslich nicht mehr zur Ausbildung blühender Sprosse.

Der innere Bau. Ein **Querschnitt** (etwa durch die Mitte des Rhizoms A Fig. 20) gibt folgendes anatomisches Bild: Der Rindenteil wie das runde oder gerundetviereckige Mark erscheint weiss bis schmutzig gelblichweiss, die gefässführende Zone zeigt helle Reihen und Gruppen von Gefässen. Die dem kreisrunden oder welligbuchtig verlaufenden Kambium anliegenden jüngsten Teile des Xylems und Phloëms besitzen oft eine etwas dunklere Farbe. Kork, Rindenteil und Markgewebe unterscheiden sich in ihren Elementen nur wenig von Gentiana lutea. Unter dem auch hier vier- bis sechsreihigen, tangential gestreckten, unregelmässigen Kork findet sich meist eine schwach differenzierte Kollenchymzone. Die dem Korkkambium nach innen anliegenden Zellen können aber auch stark abgerundet und gelockert sein, sodass von einem Kollenchym nicht mehr gesprochen werden kann. Das mächtige und stark verdickte Kollenchymgewebe, das für die Oberseite liegender, gestauchter und stark in die Breite gewachsener Rhizome von Gentiana lutea charakteristisch ist, kommt bei Gentiana purpurea nicht vor. Während das Mark des purpurroten gegenüber dem gelbblühenden Enzian bedeutend geringere Mächtigkeit besitzt, stehen die

einzelnen Markparenchymzellen des ersteren denen von Gentiana lutea an Grösse nicht nach. Diese Zellelemente sind in einzelnen Teilen ziemlich regelmässig kugelig-polygonal (60×60 mik.) in andern wirr durcheinander gelagert und nicht selten gebogen und längsgestreckt (oft 40×220 mik.) Die Siebröhrengruppen sind in kleinen Komplexen im Rindenteil und Mark reichlich, interxylär weniger häufig anzutreffen. Die Kollenchymscheide der Siebröhrengruppen kann im Mark vollständig fehlen, sodass diese intraxylären Siebröhren leicht obliterieren. Die Gefässe stehen in unregelmässigen, meist breiten, in radialer Richtung zusammenhängenden Reihen oder Komplexen. Durch die radial verlaufenden Blattspurbündel sind sie in oft zahlreiche Segmente geteilt. Die im Rhizom von Gentiana lutea gewöhnlich deutlich konzentrische Gefässanordnung (Jahresringbildung) ist bei Gentiana purpurea infolge der gedrängten Gefässanlage nicht vorhanden.

Der Bau des Rhizoms des purpurroten Enzians ist mit Ausnahme einfacher, senkrecht stehender Rhizomstücke deutlich exzentrisch, indem das sekundäre Dickenwachstum fast nur an dem dem Boden genäherten Rhizomteile erfolgt.

Der Längsschnitt zeigt nichts Auffallendes. Gegenüber gleichaltrigen Rhizomstücken des gelben Enzians besitzt Gentiana purpurea besonders im Gebiete der Gefässe eine grössere Regelmässigkeit in der Zellanordnung, da eine sekundäre Drehung wie eine axiale Verkürzung der einzelnen Rhizomteile nur selten und in geringerem Masse vorkommt, meist überhaupt kaum zu erkennen ist. Dadurch befinden sich die einzelnen Gefässe und Gefässgruppen mit dem dazwischen liegenden Parenchym in ihrer ursprünglichen Lage und Anordnung, ohne dass die innern, ältern Gefässstränge durch die Rhizomverkürzung wie bei Gentiana lutea stark wellenförmig hin- und hergebogen sind. Die sekundären, radialen und tangentialen Gefässanastomosen, die für das ältere Rhizom der gelbblühenden Pflanze als charakteristisch bezeichnet werden können (vergleiche Fig. 13), treten hier viel weniger häufig und auffallend auf.

Viele Zellen des Rindenparenchyms wie des Markes sind auch quer zur Hauptachse zweigeteilt, wobei besonders im Markgewebe der festere Zusammenhang des Parenchyms in der Längsrichtung auffällt.

Der aus dem Blütenschaft ins Rhizom verlängerte mechanische Ring ist bei Gentiana purpurea ziemlich schwach ausgebildet. Bei einer Mächtigkeit von durchschnittlich 0,5 mm ist der Sklerenchymring oder sind dessen Teile nur 4 bis höchstens 12 mm weit in die Droge zu verfolgen. An der Eintrittsstelle in den Wurzelstock besitzt der mechanische Ring entsprechend der geringen Mächtigkeit des Blütenschaftes vielfach weniger als 1 cm im Durchmesser, erweitert sich aber bald, um unmittelbar innerhalb des Kambiumzylinders in einzelne Segmente geteilt, keilförmig auszulaufen. Die mechanischen Elemente sind verhältnismässig kurz, doch vielfach stark hin- und hergebogen und fest ineinander verkeilt.

Der Wurzelquerschnitt erinnert stark an das bei Gentiana lutea beschriebene Bild. Der Rindenteil ist von wechselnder Mächtigkeit. Er kann $^1/_6$ bis die Hälfte des Radius einnehmen.

Der Bau der jungen Wurzel vor dem Abwerfen der primären, ausserhalb der Endodermis liegenden Rinde entspricht vollständig demjenigen des gelben Enzians. Selten bleibt beim Dickenwachstum die Endodermis etwas länger erhalten, doch findet sich bei einer Wurzeldicke von 2 mm fast stets schon normaler, 4—6zellreihiger Kork vor.

Die erstarkten Wurzeln haben fast stets einen durch die Anordnung der Gefässe bedingten vielstrahligen Holzkörper. Die zentrale Partie, in der die Gefässe nur vereinzelt und zerstreut auftreten, besteht grösstenteils aus durch Teilung, Dehnung und Abrundung gelockerten, grossen Parenchymzellen. Selten treten schärfere Gefässstrahlen in geringerer Zahl auf, die an den normalen Typus bei Gentiana punctata erinnern, aber kaum einmal bis ins Zentrum des Xylems zu verfolgen sind. Gelegentlich fand ich auch dünne und lange Wurzeln, die bei stark entwickeltem Rindenteil einen wenig mächtigen Holzteil besassen, der aber sehr gefässreich war und viel Aehnlichkeit mit dem Bau von Gentiana acaulis und Gentiana verna aufwies, bei denen die Gefässe sehr stark zusammengedrängt sind.

Vom Wurzellängsschnitt mögen hier nur die Gefässe erwähnt werden, da sie geringe Unterschiede von Gentiana lutea aufweisen. Die grösseren, 30 bis 60 mik. breiten Gefässe unterscheiden sich von denjenigen des gelben Enzians durch ihre stark an den Netz- und Treppengefäss-

typus erinnernden, aber fast immer unregelmässigen Verdickungsformen. Letztere kommen dadurch zu Stande, dass die starken, spiral- und ringförmigen Verdickungsleisten ziemlich reichlich durch zum Teil regelmässig angelegte, dünnere Verbindungsstücke mit einander verbunden sind. Unter den kleinen, 10—20 mik. starken Gefässen trifft man solche ähnlicher Struktur, gelegentlich aber auch fast regelmässige Spiralgefässe. Weniger ausgeprägt ist der Unterschied bei den Gefässen der Rhizome.

Die Droge von Gentiana purpurea unterscheidet sich schliesslich von derjenigen der gelbblühenden Pflanze durch ihren auch während des Sommers auffallend grossen Oelgehalt wie durch ihre vielleicht damit im Zusammenhang stehende intensivere und lang anhaltende Bitterkeit. (Nach Hartwich und Uhlmann ist das Oel stark bitter und scharf. Lit. 10). Auffallend ist ebenfalls das oft vollständige Fehlen von Oxalatkrystallen. Nur vereinzelt fand ich Rhizome und noch seltener Wurzeln mit wenig kleinen bis mittelgrossen Oxalatnadeln und -Täfelchen, doch war der Kalkoxalatgehalt auch dann so gering, dass er nur schwer nachgewiesen werden konnte. Stärke war meistens nicht vorhanden, nur ausnahmsweise konnten einzelne Körner festgestellt werden.

GENTIANA PUNCTATA L.

Allgemeines. Nach der Beschreibung von Gentiana purpurea lässt sich die Behandlung von Gentiana punctata und Pannonica kurz fassen, da es neben der Angabe ihrer Verbreitung genügt, die Unterschiede gegenüber dem besprochenen purpurroten Enzian festzustellen. Es ist pharmakognostisch wichtig, darauf hinzuweisen, dass wohl einzelne Unterschiede bei einer grossen Zahl von Planzen als charakteristisch gelten können, anderseits aber keine scharfe Abgrenzung möglich ist, weil auch anatomisch alle Uebergänge nachgewiesen wurden. Diese Beobachtungen im inneren Bau stehen offenbar in botanischer Hinsicht mit den Angaben Kerners (Lit. 15) in gewissen Beziehungen, wonach in den Alpen „von den hochstengeligen Arten Gentiana lutea, Pannonica, punctata, purpurea die Ergebnisse der mannigfaltigsten Kreuzungen gefunden werden."

Verbreitung. Gentiana punctata ist über das Wohngebiet von Gentiana purpurea und Pannonica und zum Teil darüber hinaus verbreitet. Westlich reicht sie bis in die Dauphiné, die Provence und nach Savoyen. Sie folgt den Kalk- und Urgebirgsalpen durch die Schweiz bis Bayern und Kärnten, südlich bis Venetien. Weiter kommt sie vor im Böhmerwald, in Siebenbürgen, Ungarn, den Karpathen, sowie in Rumelien und im Balkan. Sie fehlt in Spanien und im Norden. Die Pflanze tritt selten so häufig auf, wie z. B. Gentiana purpurea in der Schweiz. An verschiedenen abgelegenen Stellen des Gotthardgebietes fand ich Gentiana punctata sehr reichlich, z. B. im Oberalptal, Maigelstal, am Pazzolastock, besonders aber im obern Unteralptal, wo ganze Gebiete mit Hunderttausenden von Exemplaren völlig übersät sind.

Gentiana punctata liebt humusreiche und steinige, sonnige Alpweiden und Karrengebiete, gedeiht sehr gut auf Lehmboden der Kalk- und Urgebirgsalpen. Höhenlagen 1200 bis 2800 Meter. Beste Lage 2000 bis 2500 Meter.

Der äussere Bau. Mit dem purpurroten Enzian gemeinsam hat diese Droge gegenüber Gentiana lutea die dunklere Farbe, doch zeigten auch hier stark in die Dicke gewachsene Rhizom- und Wurzelstücke hellere, bis gelblich-weisse Färbung. Der Wurzelstock von Gentiana punctata neigt weniger zu der oft starken Verzweigung und flachen Ausbreitung, wie es für Gentiana purpurea oft typisch ist. Damit kommt auch hier die Bildung zahlreicher Blütensprosse in einem Jahr seltener vor. Die Knospenanlagen sind am Wurzelstock bei scharf vierzeiliger Anordnung oft bis ins Alter erhalten (Vergl. Fig. 22) und liegen in langen geraden, ins Rhizom schwach eingedrückten Furchen. Bei sekundär stark in die Dicke gewachsenen Rhizomstücken (ich fand solche von ca. 4 cm Durchmesser, die gelegentlich 15 bis 20 Vegetationspunkte besassen), sind auch diese Knospenreihen abgeworfen. Im Vergleich mit der frisch prallen und ziemlich harten Droge von Gentiana lutea, purpurea und Pannonica erscheint das Rhizom wie die Wurzel der frisch gegrabenen Gentiana punctata oft etwas schlaff und bedeutend weicher, was durch die anatomischen Verhältnisse erklärlich wird. Wie Fig. 22 zeigt, sind die Wurzeln ziemlich weit deutlich quergeringelt und nehmen an Mächtigkeit auf kurze Distanz bedeutend ab. Sie erreichen in Wirklichkeit selten die bedeutende Länge derjenigen von Gentiana purpurea.

Der innere Bau. Für das Studium typischer Querschnittsbilder eignet sich besonders der untere Rhizomteil und die Wurzel wenig verzweigter, mittelgrosser Exemplare, wie sie Fig. 22 zeigt. Auffallend ist neben der Gefässanordnung meist auch das dünnwandige Parenchym des Phloëms und Xylems, das die Weichheit der frischen Droge bedingt. Die Gefässtrahlen sind oft nur zu 7 bis 9 vorhanden, dabei in schmalen, ziemlich geradlinig verlaufenden Reihen angeordnet, die in der Xylemmitte zusammenstossen und gegen das Kambium hin verzweigt sein können. Im ältern Rhizomteil finden sich ebenfalls Gefässtrahlen, jedoch in grösserer Zahl und zuweilen von weniger scharfer Anordnung. Im jungen, sekundär noch wenig in die Dicke gewachsenen Rhizomteil verliert dieses unten typische Querschnittsbild gegen den Vegetationspunkt hin mehr und mehr an Schärfe.

Bei stärkern Wurzeln sind die Parenchymzellen zwischen den Gefässreihen von bedeutender Grösse und nur noch in lockerem Verband. Da jedoch diese Lockerung in

den Parenchymstrahlen sozusagen nie auf die Gefässreihen übergeht, so bleibt die scharfstrahlige Gefässanordnung auch bei den dicken Wurzeln erhalten. — Durch die vierzeilig und etwas tief am Rhizom stehenden Knospenanlagen ist der Umriss des Querschnittes vierseitig schwach eingebuchtet.

Die äussere Längsfurchung des Rhizoms, die nur bei wenig starken Rhizomen ausgeprägt ist, lässt sich dadurch erklären, dass die von den Knospenanlagen nach innen führenden Gewebe im Rindenteil stark verkeilt sind, das rhizomständige Kambium an diesen Stellen weniger Rindenelemente ausbildet, sodass die vier Segmente des Rindenteiles, die zwischen den Knospenanlagen liegen, durch normalen Zuwachs etwas ausgebuchtet erscheinen.

Der Kork ist normal, zeigt aber stets fast gar keine Holzreaktion. Unterhalb des Korkes befindet sich nur selten ein wenig differenziertes Kollenchym. Meist sind alle unter dem Kork liegenden Elemente des äusseren Rindenparenchyms tangential stark quergestreckt und durch mehrfache Zellteilung in stets derselben Richtung dem Dickenwachstum gefolgt. Während dadurch auf dem Querschnitt tangential verlaufende, fest zusammenhängende Zellketten auffallen, besteht im äussern Rindenteil in radialer Richtung fast kein Zusammenhang mehr. Sowohl im Rindenteil wie im Parenchym zwischen den Gefässstrahlen finden sich oft Komplexe oder Linien obliterierter und verschleimter Zellen. Die verschleimten Gebiete sind beim Behandeln der Schnitte mit Chlorzinkjod deutlich sichtbar, indem sie rot-violette Farbe annehmen, während das übrige Gewebe mit Ausnahme der Gefässe intensiv dunkelblau gefärbt wird.

Oxalatkrystalle konnten wie bei Gentiana punctata entweder nicht oder nur in ganz unbedeutenden Mengen nachgewiesen werden. Stärke kam in den nur im Hochsommer gegrabenen Pflanzen nie vor.

Die Droge ist im Gegensatz zu der purpurrot blühenden Pflanze etwa von derselben Bitterkeit wie Gentiana lutea. Wurmfrass wurde nie beobachtet.

GENTIANA PANNONICA SCOP.

Verbreitung. Die Westgrenze der Besiedelung durch Gentiana Pannonica fällt ziemlich genau mit der Ostgrenze für Gentiana purpurea zusammen. Für die Schweiz ist die Pflanze selten, da sie nur im nördlichen Churfirstengebiet angetroffen wird. Eine ziemliche Verbreitung besitzt Gentiana Pannonica in Tirol, Steiermark, Kärnten, den Salzburger-Alpen, Bayern; sie kommt auch in Siebenbürgen vor und findet sich im Böhmerwald und in den Karpathen. Sie liebt grasige Plätze, Weiden und Triften. In den Alpen bevorzugt die Pflanze, ähnlich Gentiana purpurea, die äussern Ketten. Höhenlage (nach verschiedenen Literaturangaben) von 1200 bis 1800 Meter.

Morphologisches und Anatomisches. Berg schreibt (Lit. 1): „Die Wurzel der Gentiana Pannonica unterscheidet sich leicht durch ihren bedeutend schlankeren Wuchs; sie wird länger als bei Gentiana lutea, bleibt aber dünn. Auf dem Querschnitt zeigt sie zwar einen ähnlichen Bau, hat aber dichtes, nicht schwammiges Parenchym und unter dem Mikroskop dieser Eigenschaften halber eine grössere Regelmässigkeit des Zellgewebes, dessen Wandlungen schärfere Conturen zeigen als die der Gentiana lutea."

Die Querringe des Rhizoms sind undeutlich, die Wurzeln auch an den dickern Stellen ziemlich glatt.

Nach den Angaben von Herrn Dr. Selle, Bad Aussee (Steiermark) ist der Aufbau des Rhizoms einfach, da gewöhnlich nur wenige Vegetationspunkte vorhanden und die Pflanze nur selten mehrere Blütensprosse gleichzeitig zur Entwicklung bringt. Eigentümlich ist die Verschiedenheit kultivierter und wildwachsender Exemplare in Bezug auf die Wurzelanlage. Die Wurzeln wildwachsender Pflanzen sind wenig verästelt, lang und dünn, also dem bei Gentiana purpurea besprochenen Typ sehr ähnlich. Kulturpflanzen hatten dagegen ziemlich nebenwurzelreiche und im Verhältnis zur Mächtigkeit kurze Wurzeln.

Die frische Droge besitzt eine hellgelbe bis gelbbraune, in den jüngsten Zuwachszonen des Rhizoms etwas dunklere Farbe. Auch bei Gentiana Pannonica fand ich im Rhizom Wurmgänge, die denen von Gentiana lutea entsprachen.

Das Querschnittsbild von Wurzel und Rhizom zeigt nur äusserst selten einige Aehnlichkeit mit Gentiana punctata, neigt vielmehr zu den normalen Bildern von Gentiana purpurea und auch Gentiana lutea hin. In den jüngern Wurzeln ist die Anordnung der Gefässe manchmal scharf vierzeilig, später unregelmässig vielreihig bis zerstreut. Der Gefässtypus entspricht demjenigen von Gentiana purpurea. Eine Eigentümlichkeit des innern Baues, die bei Gentiana Pannonica oft, aber keineswegs regelmässig auftritt, ist die bei Gentiana lutea und purpurea erwähnte Lockerung und Grosszellbildung des innern Xylemparenchyms, die hier bis gegen das Kambium fortschreiten kann. Dabei sind die Gefässe schliesslich fast ganz von einander getrennt und von sechs bis acht strahlig angeordneten, in radialer Richtung längsgestreckten fest anhaftenden Parenchymzellen umgeben. Zeigt sich diese Lockerung nur im Innern, so ist der Quer- und Längsschnitt mit dem von Gentiana purpurea ziemlich identisch, wobei allerdings der geringere Oelgehalt bei Gentiana Pannonica auffällt. Oxalatkrystalle sind wie beim purpurroten Enzian entweder nicht oder nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Stärke fehlt. Die Droge ist nicht so bitter wie diejenige von Gentiana purpurea.

GENTIANA ASKLEPIADEA L.

Verbreitung. Gentiana asklepiadea kommt vielerorts reichlich vor. Sie wächst in der ganzen Alpenkette der Schweiz, Tirols, Vorarlbergs, Bayerns (bis München), sowie in den Salzburger-Alpen, Kärnten, Krain, zerstreut in allen südeuropäischen Gebirgen. Nördlich der Alpenkette findet sich die Pflanze auch im Jura, Schwarzwald und Vogesen, im Riesengebirge und der Lausitz.

Gentiana asklepiadea bevorzugt kalkreichen, feuchten Boden. Sie wächst in den Alpen und Voralpen bis auf eine Höhe von 2000 m, liebt dabei Waldränder, lichte Wälder, zeigt sich schön ausgebildet an Gebirgsbächen, an humus- und wasserreichen Geröllhalden, im Halbschatten von Felsen und Gebüschen der Alpentäler. Nach Schröter (Lit. 23) ist Gentiana asklepiadea eine feuchtigkeitsliebende Pflanze der subalpinen bis montanen Region.

Der äussere Bau. Das bei gesunden und kräftigen ältern Pflanzen von Gentiana asklepiadea flach oder meist wenig im Boden verlaufende Rhizom ist unregelmässig vielästig bis zum Teil regelmässig gabelig verzweigt. Die dem Boden zugekehrte Seite des Wurzelstockes ist reich an verhältnismässig dünnen, langen und wenig verzweigten, rhizomständigen Wurzeln, die schon bei jungen Exemplaren in dichten Bündeln zusammenliegen können. (Fig. 23 A). Auf der obern Seite sind stets zahlreiche graue bis fast schwarze Blütensprossnarben und vielfach noch alte Reste der Blütensprosse sichtbar. Diese Anlage der Wurzeln und Sprossnarben gibt dem Rhizom ein charakteristisches Aussehen. (Der oft ebenfalls liegende und reich verzweigte Wurzelstock von Gentiana purpurea unterscheidet sich auch dadurch von Gentiana asklepiadea, dass er nur selten, meist gar keine sekundären, rhizomständigen Wurzeln besitzt).

Am Ende jedes Rhizomzweiges stehen im Sommer ein bis zwei schlanke, durchschnittlich etwa 4 mm dicke, 40 bis 60 cm hohe Blütensprosse, die bei kräftigen, 10 bis 20 Jahre alten Pflanzen zu 15 bis 40 ziemlich dicht zu-

sammenstehen und der Pflanze während der Vegetationsperiode das charakteristische buschige Aussehen geben. An einzelnen, sehr günstigen Standorten traf ich Exemplare mit 45 bis 52 gleichzeitig blühenden Sprossen.

Die Wurzeln der frisch gegrabenen Pflanze sind leuchtend gelb, von prallem Aussehen, glatt oder sehr fein quergestreift, nur ältere oder geschädigte Wurzeln sind von etwas dunklerer Farbe. Das Rhizom ist etwas dunkler, von kräftig hellbrauner Farbe, in den dicken Teilen glatt, stets mit feinen, etwas erhabenen, ein bis mehrere mm. von einander abstehenden, rhizomumfassenden Ringen versehen, die als ursprüngliche Blattinsertionsstellen aufzufassen sind. Diese feinen, erhabenen Ringe rücken gegen die Vegetationspunkte hin immer mehr zusammen, zeichnen sich dort scharf ab, bleiben aber auch am stark in die Dicke gewachsenen Wurzelstock noch sichtbar. In der Nähe der Blütensprosse erscheinen die jüngsten Rhizomteile, die, wie die einzelnen Aeste überhaupt, etwas hin- und hergebogen sind, durch noch anhaftende, ausgetrocknete Blattreste bedeutend dunkler.

Schon bei der Entwicklung der im Hochsommer zur Blüte gelangenden Sprosse wachsen ein bis zwei auf der Aussenseite des jüngsten Rhizomteils stehende und meist dem Boden etwas genäherte Knospenanlagen bis zu einer Grösse von 0.5 bis 1,5 und mehr cm. heran, um auf dieser Höhe stehen bleibend, im folgenden Jahr zur Sprossbildung zu gelangen.

Während das Dickenwachstum der Wurzel bei einer Mächtigkeit von 0,8 bis 1,5 cm fast stets zum Stillstand kommt, und Wurzeln von 2 cm. Dicke schon sehr selten anzutreffen sind, kann der älteste Teil des Rhizoms 3 bis 4 cm. dick und dicker werden.

Trotz der sehr zahlreichen und weithin verlaufenden, sekundären, rhizomständigen Wurzeln, gehen die ältern Wurzeln so wenig wie der älteste Rhizomteil zu Grunde, so lange nicht äussere Schädigungen auftreten, gegen die die Pflanze sehr empfindlich zu sein scheint.

Auch bei Gentiana asklepiadea kommt Wurmfrass vor. (Wurzeln Fig. 23 B). Zahlreiche Beobachtungen lassen mit grosser Wahrscheinlichkeit den Schluss zu, dass wir es auch hier mit der gleichen Raupe zu tun haben, die unter Gentiana lutea beschrieben wurde.

Die, wie wir später sehen werden, besonders im Rhizom reichlich auftretenden vorholzten Elemente, verhindern zwar fast stets im Eindringen des Schädlings bis in Markgewebe, doch wirken auch die im breiten, unverholzten Rindenteil wie an und in den Wurzeln verursachten Schädigungen oft so nachteilig auf die Pflanze, dass eine grössere Zahl von Wurzeln derselben Pflanze, wie auch manchmal bedeutende Rhizomteile eingehen können.

Der innere Bau. Die einzige nähere Beschreibung der anatomischen Verhältnisse von Gentiana asklepiadea hat Vogl abgefasst (Lit. 31). Sie lautet: „Sehr reichlich Kalkoxalat in Form eines Haufwerkes von feinen Nadeln und Prismen in jeder Zelle enthält das Rinden-, Holz- und Markparenchym des Wurzelstockes und seiner langen Nebenwurzeln, der zeitweise als Substitution der offiziellen Radix gentianae im Handel vorkommt. [In den Sechziger Jahren fanden sich grosse Massen davon im Wiener Handel vor, auch in den Siebziger Jahren traf ich ihn häufig in den Apotheken an; später verschwand er aus unserem Handel grösstenteils. In neuester Zeit scheint er wieder häufiger eingeführt zu werden und zwar, teils geschnitten, teils als Pulvis Gentianae. Die zerschnittene Ware ist hauptsächlich schon äusserlich an dem Ueberwiegen ungewöhnlich kleiner Querschnittstücke der Wurzeln und den reichlich beigemengten Fragmenten von auffallend holziger Beschaffenheit zu erkennen. Schon beim Befühlen merkt man den Unterschied von der korrekten, hygroskopischen, keine verholzten, zähen Teile führenden Ware]. Der Wurzelstock von Gentiana asklepiadea ist besonders ausgezeichnet durch einen unregelmässig gebauten Holzkörper mit inter- und intraxylären Siebgruppen, welche am Querschnitte, wie bei Erythraea, oft regelmässig kreisrund erscheinen und durch die massenhaften, zum grossen Teil am Querschnitt kreisförmigen, nicht oder weniger breiten Zonen sich präsentierenden, stark verdickten, prosenchymatischen Gewebselemente, welche die sehr zähe, holzige Beschaffenheit des Wurzelstockes bedingen. Im Pulver herrschen sie vor in ganzen Bündelstücken, wozu sich auch einzelne ganze oder zerbrochene, zum Teil sehr unregelmässig gestaltete Elemente derselben und reichliche Steinzellen gesellen. Dadurch ist eine Substitution des offiziellen Pulvis Gentianae

mit dem Pulver des bewurzelten Wurzelstockes von Gentiana asklepiadea mikroskopisch leicht zu erkennen. Das Erstere enthält ausser den meist weiten Netzgefässen so gut wie keine verholzten Elemente."

Trotz der scheinbar bedeutenden Verschiedenheit im innern Bau gegenüber Gentiana lutea, purpurea, punctata und Pannonica zeigt Gentiana asklepiadea auch anatomisch grosse Verwandtschaft mit den genannten Pflanzen. Vergleichsweise lässt sich folgendes sagen: Der aus den Blütensprossen der früher besprochenen Gentianaarten ins Rhizom nur wenig verlängerte mechanische Ring setzt sich bei Gentiana asklepiadea, auf wenige cm. kompakt bleibend, ins Rhizom fort, um dann auf längere Strecken in einzelnen nach abwärts ziehenden Segmenten weiterzulaufen, die schliesslich entweder schon im Rhizom oder erst in einer nähern oder entferntern Wurzel endigen.

Bei einem in der Mitte zwischen zwei alten Sprossnarben durch das Rhizom ausgeführten Querschnitt findet sich im Innern ein etwa 5 bis 7 mm im Durchmesser besitzender, mächtiger und stark verholzter Sklerenchymring, der ein Siebröhrengruppen führendes Markgewebe einschliesst. Von diesem innersten Ring nach der Peripherie trifft man gewöhnlich in einiger Entfernung (vom innersten) einen zweiten, schwächern, doch immer noch ziemlich zusammenhängenden, zum ersten etwas exzentrisch liegenden mechanischen Ring. Weiter gegen das Kambium hinaus befinden sich zwischen den Gefässreihen noch, mehr oder weniger zahlreich und manchmal scheinbar unregelmässig angeordnet, verholzte Zellgruppen, die im jüngsten Holzteil, besonders bei dicken Rhizomstücken, fehlen können.

Diese äussern, stark verdickten und verholzten Zellkomplexe sind quergeschnittene Segmente eines bereits entfernt liegenden mechanischen Ringes. Sie gehören, je näher sie dem Kambium liegen, zu Sklerenchymringen, deren Eintrittsstellen ins Rhizom unserem Querschnitt immer entfernter, dem Vegetationspunkt, resp. dem jüngsten Rhizomteil immer näher sind. So erscheint es auch erklärlich, wenn die mechanischen Gruppen gegen das Kambium hin immer spärlicher werden. Wenn sie dann im äussern Holzteil älterer Rhizome ganz fehlen, so findet sich die Erklärung darin, dass der oder die Vegetationspunkte bereits so weit vom alten Rhizomstück entfernt sind, dass die Segmente

der jüngsten Sklerenchymringe schon weiter oben im Gewebe verlaufen.

Nicht selten sind die einzelnen Teile desselben mechanischen Ringes sehr ungleich stark ausgebildet und verlaufen deshalb ungleich tief ins Rhizom; es können auch einzelne Sklerenchymringe stärker ausgebildet werden und infolgedessen ungewöhnlich tief in den Wurzelstock zu verfolgen sein. Damit ist es möglich, dass ein Querschnitt eine scheinbar zufällige Anordnung der verholzten Zellgruppen aufweist, die auch gegen das Kambium nicht gleichmässig an Mächtigkeit abnehmen. Längsschnitte, wie systematisch gegen den Vegetationspunkt durchgeführte Serienquerschnitte zeigen dann aber stets, dass diese oft nur noch vereinzelten mechanischen Zellgruppen stets Ausläufer eines geschlossenen Sklerenchymringes darstellen.

Weitere Unregelmässigkeiten in der Anordnung der verholzten Wurzelteile treten dadurch auf, dass das Dickenwachstum des Wurzelstockes auf der dem Boden zugekehrten Seite besonders stark vor sich geht, also auch dort die stärksten Segmente des mechanischen Ringes gebildet werden. Auf der Oberseite des Rhizoms stösst zudem jeder mechanische Ring auf den von oben ins Rhizom einbiegenden Ring des vorjährigen Sprosses. Verfolgt man die Anordnung der verholzten Partien nach rückwärts, so findet man Anordnung und Verteilung der mechanischen Elemente um so verworrener, je mehr Rhizomäste in das Mutterrhizom einmünden und je näher diese Verzweigungspunkte zusammengerückt sind.

Kehren wir zu dem besprochenen Querschnittsbild zurück, so fällt bei der Betrachtung der einzelnen Zellelemente vorerst auf, dass auch beim ziemlich verdickten Rhizom aussen kein Korkgewebe vorhanden ist. Das Hautgewebe besteht aus einer einzigen Schicht tangential stark quergestreckter verkorkter Zellen, die dem Dickenwachstum gefolgt sind und schliesslich durch 20 bis 50 feine, unverkorkte Radialwände ein eigentümliches endodermisähnliches Aussehen bekommen. — Es handelt sich dabei um die bei Gentiana lutea besprochene Trennungsschicht, die hier wie dort dem Rhizomzuwachs folgend, gegen den Vegetationspunkt hin Blatt für Blatt abschnürt. Entgegen den bei Gentiana lutea besprochenen Verhältnissen, bleibt bei Gentiana asklepiadea diese Trennungsschicht als Hautgewebe lange Zeit bestehen, während sie bei allen andern

besprochenen Gentiana-Rhizomen schon nach Verlauf eines Jahres durch Kork ersetzt sind. Tritt schliesslich auch bei Gentiana asklepiadea Sprengung dieser Zellschicht ein, so geht eine innere Schicht in Teilung über. Es entsteht ein für Gentiana normaler 4—6reihiger Kork, der nur dadurch charakterisiert ist, dass seine Elemente wenig tangential gestreckt sind und scharfe Holzreaktion zeigen.

Die äussern Teile des Rindenparenchyms bestehen aus ziemlich grossen, etwas abgerundeten und wenig tangential gestreckten Zellen. In Kambiumnähe sind sie noch deutlich radial geordnet. Die Siebröhrengruppen sind stets feinmaschig und meist bis an die Peripherie gut erhalten.

Die Gefässe, die meist vielstrahlig angeordnet erscheinen, finden sich besonders reichlich in der Nähe des Kambiums. Sie besitzen fast alle dieselbe Mächtigkeit und erscheinen auf dem Längsschnitt unregelmässig netzförmig bis eigentümlich weitmaschig-gitterförmig verdickt.

Das vom innersten mechanischen Ring eingeschlossene Mark besteht aus rundlich-vieleckigen Parenchymzellen, die infolge des sie umschliessenden Ringes nicht stark von einander gelöst sind, jedoch deutliche Jnterzellulargänge aufweisen. Im Mark manchmal sehr grosse, von Kollenchym umschlossene Siebröhrengruppen die in ihrer Mitte bis mehrere zarte Gefässe umschliessen. Die Markzellen wie alle Parenchymelemente des Xylems und Phloëms besitzen starke Wandungen, wodurch das Querschnittsbild an Schärfe gewinnt.

Die äussern mechanischen Zellgruppen liegen stets innerhalb der gefässfreien oder gefässarmen Parenchymstrahlen. Die mechanischen Elemente sind von verschiedenster Form; oft deutlich prosenchymatisch zugespitzt und fest ineinander verkeilt, oft (besonders in den Segmenten) fast rechtwinklig und in ihrer Form den benachbarten Parenchymzellen sehr ähnlich. Dort wo an Rhizomverzweigungen und in der Nähe der Blütenschaftsnarben einzelne Ringe oder Segmente aufeinandertreffen, trifft man die mannigfaltigsten bizarren Formen, die nicht selten in eigentlichen Steinzellnestern zusammenliegen. Diese verholzten Zellen sind reichlich porös, ihr Lumen fast stets auf $1/3$ oder $1/4$ des Durchmessers reduziert.

Die ganze, junge, etwa $1/4$ mm. dicke Wurzel ist in ihrem Querschnittsbild von der bei Gentiana lutea

besprochenen wenig verschieden. Aussen die einseitig verdickte Epidermis, darunter die noch nicht differenzierte Hypodermis, auf die drei Reihen ziemlich grosszelliges, Interzellularen aufweisendes und nach innen an die Endodermis grenzendes Parenchymgewebe folgen. Die Gefässe sind im Innern diarch angelegt, schon hier von ziemlich gleichmässigem Durchmesser und eigentümlich eckiger Form.

Bei der Weiterentwicklung wird die Epidermis infolge der starken, tangentialen Querstreckung der Hypodermis bald abgeworfen. Die Hypodermis folgt durch Dehnung dem Dickenwachstum der Wurzel kurze Zeit ganz entsprechend der Endodermis, sodass schliesslich zwei von einander getrennte charakteristische Ringe an derselben Wurzel vorhanden sind. Die einzelnen Zellen der Hypo- und Endodermis besitzen jetzt bereits 10 bis 15 feine, unverkorkte, radiale Querwände. Nun obliteriert das zwischen den beiden verkorkten Ringen liegende Parenchym und zugleich hört das Wachstum der Hypodermis auf. Mit dem Weiterwachsen der Wurzel rückt die Endodermis nach aussen, bis sie der Hypodermis so weit genähert ist, dass nur noch das vollständig obliterierte Parenchymgewebe dazwischen liegt. Bei der weiteren Dehnung der Wurzel wird der Hypodermiszylinder gesprengt und die Endodermis übernimmt als jetzt äusserste lebende Zellschicht der nun 1 bis 2 cm dicken Wurzel die Funktion als Hautgewebe. Sie folgt dem Dickenwachstum der Wurzel meist bis ins Alter, kann jedoch bei dickern, ältern Wurzelstücken gelegentlich auch an dünnern Teilen bereits abgeworfen, und an ihre Stelle Kork getreten sein.

Die leuchtend gelbe Farbe der frischen, prallen Wurzeln lässt fast immer darauf schliessen, dass die Endodermis noch vorhanden ist, da normaler Kork dunkler und matt erscheint.

Wurzeln gleicher Mächtigkeit können frei von verholzten und stark verdickten Parenchym- oder Prosenchymelementen sein oder solche ziemlich reichlich enthalten. Da die verholzten Zellkomplexe als Fortsetzung des beim Wurzelstock besprochenen Sklerenchymringes oder seiner nach unten dünner werdenden Segmente aufzufassen sind, so ist es erklärlich, wenn bei einer erstarkten und langen Wurzel in Rhizomnähe noch zahlreiche verholzte Zellgruppen auftreten, während ein entfernterer Wurzelteil, der immer noch mehr als 1 cm dick sein kann, neben den Gefässen nur noch unverholztes Parenchym aufweist. Aus dem gleichen Grun-

de ist es möglich, dass eine 2 mm dicke, junge Wurzel in Rhizomnähe ziemlich mächtige Gruppen stark verdickter und verholzter Elemente, zuweilen gar einen kompakten Holzring enthalten kann.

Die dem Dickenwachstum gefolgte Endodermis besitzt auf einem Wurzelquerschnitt von etwa 1 cm Durchmesser schon 40 bis 80 unverkorkte sekundäre Querwände.

Das Parenchym der Rinde wie des zentralen, gefässarmen Holzteiles ist auch bei dicken und von verholzten mechanischen Elementen freien Wurzelteilen höchstens schwach abgerundet, nie dagegen vollständig gelockert oder obliteriert und verschleimt. Gelegentlich sind die Gefässe des zentralen Xylems von radial gestreckten Parenchymzellen umspannt. Auch das Wurzelparenchym besitzt, entsprechend dem des Rhizoms, dicke Zellwände.

Das Phoëm nimmt 1/3 bis die Hälfte des Radius ein. Ein eigentliches Kollenchym tritt, so lange die Endodermis erhalten bleibt, nicht auf. Die äussersten Parenchymschichten sind vielfach kleinzellig und durch tangentiale Querreihenbildung ausgezeichnet. Sie liegen der Endodermis fest an und weisen nur wenig Interzellularen auf.

Die Gefässe sind auch in der Wurzel scharf vielstrahlig angeordnet und gewöhnlich gegen das Kambium gehäuft. Es kommen aber auch Wurzeln vor, deren Gefässe über den ganzen Xylemteil gleichmässig zerstreut liegen, doch ist diese Gefässanordnung selten.

Der Wurzellängsschnitt zeigt zwei charakteristische Merkmale: Aussen die auch in der Richtung der Hauptachse gefelderte Endodermis, im Holzteil die durch ihre meist regelmässige und scharf ausgeprägte Treppenform auffallenden Gefässe.

Gentiana asklepiadea übertrifft Gentiana lutea in Wurzel und Rhizom an Oxalatreichtum bedeutend. Schon in der 1 mm. dicken Wurzel treten reichlich meist nadelförmige, kleine (seltener in Form kleiner monokliner Tafeln) Oxalatkrystalle auf. Mit dem Alter und der Mächtigkeit steigt der Oxalatgehalt in der Wurzel und erreicht in den ältern Rhizomteilen ein Maximum. Nicht selten sind dann sämtliche Zellen grosser Teile des Rhizoms mit wirren Haufen von Krystallnadeln und Prismen fast völlig angefüllt oder vollgepfropft.

Der Oelgehalt von Gentiana asklepiadea ist auffallend gering; in manchen der im Sommer gegrabenen Pflan-

zen war überhaupt kein Oel vorhanden, doch waren kleinere Mengen stets in der Nähe von durch Wurmfrass geschädigten Stellen nachzuweisen.

Das getrocknete Rhizom wie die verholzte mechanische Elemente enthaltenden Wurzelteile zeigen zahlreiche, scharfe aber nicht sehr tiefe Längsrunzeln, sodass hier die ursprüngliche Form ziemlich beibehalten wird. Ein stärkeres Zusammenfallen wird durch die starren mechanischen Ringe und Gruppen verunmöglicht. Alle Wurzeln die nur wenig verholzte parenchymatische und prosenchymatische Elemente besitzen, schrumpfen genau wie die Wurzeln der offizinellen Drogen stark.

Die Farbe des getrockneten Wurzelstockes wechselt von gelb bis braun, doch ist die intensive gelbe Farbe einzelner Teile auffallend und für Gentiana asklepiadea eigentümlich. Die Wurzeln sind meist etwas heller.

Im Querbruch, der trotz mechanischer, verholzter Elemente ziemlich glatt, nie faserig ist, erscheint der Xylemteil gelblichweiss bis weiss, das Phloëm schmutzig hellgelb.

Gentiana asklepiadea ist weniger bitter, als die offizinelle Droge von Gentiana lutea.

Fig. 24. Charakteristisches Querschnittsbild durch eine noch wenig mächtige aber doch mechanische Elemente enthaltende Wurzel. Neben den zwei innern, verholzten Zellringen sind noch einzelne mechanische Zellgruppen ausserhalb der dunklen Ringe sichtbar. Das im Innern spärliche und gegen das Kambium hin reichlichere Auftreten von Gefässen ist deutlich zu erkennen. Die jüngsten Phloëmteile zeigen bei sehr geringer Grösse ihrer Zellelemente radiale Anordnung, während das äussere, gegen das eigenartige einzellige Hautgewebe hin ausgedehnte Rindenparenchym grosszellig und etwas gelockert ist und teilweise schwach tangentiale Anordnung aufweist. Die dunklen Punkte, die besonders im kleinzelligen Rindenteil auffallen, sind Häufchen von Oxalatkrystallen.

Figur 25. Längsschnitt durch eine Wurzel von Gentiana asklepiadea. Die kompakten Stränge der verholzten Elemente besitzen parenchymatische, etwas längsgestreckte Formen. Links aussen die längsgeschnittene Endodermis als einzelliges Hautgewebe. Im Rindenparenchym die auf die untere Wandung herabgesunkenen Oxalatkrystallklümpchen.

DIE HANDELSWARE

Offizinell sind Wurzel und Rhizom, also der ganze perennierende Teil der Pflanze.

Zur Uebersicht über die in den Arzneibüchern Europas zugelassenen Stammpflanzen wurde nachstehende Tabelle aufgestellt.

Die unter Gentiana lutea, purpurea, punctata, Pannonica angeführten Zahlen geben an, in welchen Ausgaben der Arzneibücher der verschiedenen Länder Europas die einzelnen Drogen offizinell waren.

ÜBERSICHT ÜBER DIE IN DEN EUROPÄISCHEN PHARMAKOPÖEN ALS OFFIZINELL AUFGENOMMENEN STAMMPFLANZEN VON RADIX GENTIANÆ

	Zahl d. Ausgaben d. Pharmakopöen	Jahr des Erscheinens der ersten und letzten Ausgabe	Gentiana lutea	Gentiana purpurea	Gentiana punctata	Gentiana Pannonica
Pharmacopea austriaca	8	1812—1906	1—8	—	—	1—8
Ph. Belgica	3	1854—1912	1—3	—	—	—
The BritishPharmacopoeia	5	1864—1914	1—5	—	—	—
Ph. Croatico-Slavonica	2	1888—1901	1—2	1—2	1—2	1—2
Ph. Danica	7	1772—1907	3(1840)-7	1-2 b. 1840	6—7	6—7
Deutsches Arzneibuch	5	1872—1910	1—5	6(1893)-7 2(1882)-5	2—5	2—5
Ph. Fennica (Finnland)	5	1819—1914	1—5	—	—	—
Pharmacopée Française	5	1818—1908	1—5	—	—	—
Ph. Grècque	3	1837—1909	1—3	—	—	—
Ph. Helvetica	4	1865—1907	1—4	2(1872)-4	2—4	3(1893)-4
Ph. Hispanica	7	1794—1915	1—7	—	—	—
Ph. Hungarica	3	1871—1909	1—3	2(1888)-3	2—3	1—3
Pharmacopea ufficiale del regno d'Italia	3	1892—1909	1—3	—	—	—
Ph. Nederlandica	4	1851—1914	1—4	1 (b. 1871)	—	—
Ph. Norvegica	4	1854—1913	3(1895)-4	1—4	—	3—4
Ph. Portugueza	3	1794—1876	1—3	—	—	—
Ph. Romana (Rumänien)	3	1862—1893	1—3	—	—	—
Rossiyskaya Farmacopeya (Russland)	6	1866—1910	1—6	5(1902)-6	5—6	5—6
Ph. Serbica	2	1880—1908	1—2	—	—	1—2
Ph. Suecica (Schweden)	9	1775—1912	1—9	5(1817)-7	—	7 (b.1869)

Gentiana lutea ist heute in folgenden Ländern als einzige Stammpflanze der offizinellen Radix gentianae aufgeführt: in Portugal, Spanien, Frankreich, Italien, England, Belgien, Holland, sowie in Griechenland, Rumänien und Finnland.

Oesterreich und Serbien führen neben Gentiana lutea noch Gentiana Pannonica.

Norwegen und Schweden zu diesen zwei Stammpflanzen noch Gentiana purpurea.

Alle vier in der Tabelle angegebenen Stammpflanzen sind nur in der Schweiz, in Deutschland, Kroatien-Slavonien, Ungarn, Russland und Dänemark zulässig.

Für Spanien (und Portugal) war die alleinige Aufnahme von Gentiana lutea von jeher gegeben, weil in diesen beiden Ländern von allen in Frage kommenden Pflanzen Gentiana lutea allein aber reichlich vorkommt.

In allen andern Ländern Europas findet sich Gentiana lutea entweder nicht, oder dann tritt mit ihr, allerdings meistens in geringen Mengen, Gentiana purpurea oder Pannonica, event. noch Gentiana punctata auf.

Bei dem Entscheid über die Aufnahme ein oder mehrerer Stammpflanzen in die einzelnen Arzneibücher musste abgesehen von der Frage des Wirkungswertes der einzelnen Wurzeln auch geprüft werden, welche Pflanzen im eigenen Lande resp. im Ursprungsgebiet der Droge überhaupt in Frage kommen.

Während früher dieser Kontrolle bei den grösstenteils noch einfachen Handelsverhältnissen keine grossen Schwierigkeiten im Wege standen, ist sie heutzutage fast zur Unmöglichkeit geworden, weil vielfach ganze, geschnittene und sogar gepulverte Droge aus den grossen Sammelgebieten in gewaltigen Mengen importiert werden, um später mehr oder weniger oder auch gar nicht verarbeitet in die verschiedensten Länder exportiert zu werden.

Deutschland führte in Friedenszeiten allein über Hamburg aus Spanien und Südfrankreich jährlich 150—250,000 Kilogramm Wurzeln ein; dazu kamen noch sehr grosse Posten aus der Schweiz und aus Frankreich auf dem Landwege nach Deutschland. Von dieser Importware wurde ein grosser Teil in Deutschland verbraucht, ein anderer Teil ging aber, meistens verarbeitet, wieder in die verschiedensten Länder Europas und sogar nach Südamerika (z.

B. nach Brasilien). — Auch die Schweiz importiert und exportiert Radix gentianae und dies meist als Ganzdroge.

Es erscheint auf den ersten Blick eigentümlich, dass, während die Schweiz bis 1872, Deutschland bis 1882, Russland bis 1902 nur Wurzel und Rhizom von Gentiana lutea als offizinell zuliessen, und erst nachher die Droge anderer Pflanzen als gleichwertig erklärten, anderseits in Dänemark bis 1850 und in Norwegen bis 1895 Gentiana purpurea als allein zulässige Stammpflanze galt.

Diese eigenartige Tatsache findet eine Erklärung darin, dass in Skandinavien nur Gentiana purpurea einheimisch ist, und man wahrscheinlich früher den Eigenbedarf an Radix gentianae im eigenen Lande decken und eine zeitlang wohl zugleich auch Dänemark versorgen konnte.

Damit im Zusammenhang steht vielleicht auch die Aufnahme von Gentiana purpurea in die Pharmacopoea Nederlandica I. Schon in der zweiten Ausgabe dieses Arzneibuches (1871) wird sie jedoch nicht mehr genannt.

Die spätere Aufnahme von Gentiana lutea in Norwegen und Dänemark hat ihre Ursache offenbar nicht nur im Seltenerwerden von G. purpurea, sondern wohl hauptsächlich darin, dass die Droge von Gentiana lutea mit dem immer bedeutender werdenden französischen und spanischen Enziangrosshandel reichlich und leicht zu beschaffen war. Die spanischen und besonders die französischen Händler beherrschten durch die verhältnismässig niedrigen Preise der meist guten Ware den Enzianhandel mehr und mehr. Dies hatte zur Folge, dass z. B. auch in Oesterreich der Raubbau im eigenen Lande mehr und mehr zurückging, weil sich das Sammeln vielerorts nicht lohnte. Oesterreich allein importierte in den letzten Friedensjahren jährlich bis zu 70,000 Kg getrocknete Wurzeln.

Seit etwa zwanzig Jahren hat im westlichen Jura auch die Sammlung pharmazeutischer Ware in grösserem Massstabe eingesetzt, nachdem daselbst, wie in den Schweizeralpen schon seit langer Zeit grosse Mengen für die Schnapsbrennereien gegraben wurden. Nach glaubwürdigen, eigenen Aussagen liessen allein zwei der bedeutendsten Grosshändler im Jura seit einer Reihe von Jahren alljährlich zusammen etwa 250,000 Kg. frische Wurzeln graben. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass von dieser Ware ein Teil in die Destillerien wanderte.

Wie viel eine gut eingerichtete Brennerei zu verarbeiten vermag, geht daraus hervor, dass bei Ausbruch des europäischen Krieges ein Grosshändler einer grossen französischen Destillerie frische Wurzeln im Gesamtgewicht von 240,000 Kg. verkaufte.

Für die Schweiz kann mit bestimmter Sicherheit angenommen werden, dass der Verbrauch in kleinern und grössern Brennereien denjenigen für pharmazeutische Zwecke weit übertrifft. Im Jura wird aus 100 Kg. frischer, sogenannter fetter Ware bis 7 Liter eines hochprozentigen Branntweins erhalten.

Dies besonders von der Landbevölkerung der Gebirgsgegenden sehr geschätzte „Hausmittel" ist von eigenartigem, nicht angenehmem und brennendem Geschmack und kann deshalb im Gegensatz zu der im Handel befindlichen, selten echten Ware, nicht als „Genussmittel" angesehen werden.

Auch in Oesterreich werden grosse Mengen Enzianwurzeln zur Destillation verwendet. Man schätzt dort den Verbrauch für diese Zwecke auf mindestens ebenso hoch wie den für den pharmazeutischen Bedarf.

Für die Beurteilung der Handelsware ist ferner zu erörtern, welche Bedeutung Gentiana purpurea, punctata und Pannonica neben Gentiana lutea in Wirklichkeit zukommt.

Gentiana punctata ist weit verbreitet, tritt aber nirgends in reichlichen, für den Handel in Frage kommenden Mengen auf und besitzt deshalb pharmazeutisch kaum irgendwelche Bedeutung. Dies geht schon daraus hervor, dass diese Pflanze in Oesterreich nicht offizinell ist, trotzdem sie im eigenen Lande wächst.

Gentiana Pannonica, deren Hauptverbreitungsgebiet in Oesterreich liegt, besitzt dort noch heute eine gewisse, doch nur lokale Bedeutung, spielt aber schon im Enzian-Grosshandel Oesterreichs neben der gelbblühenden Pflanze eine sehr untergeordnete Rolle. Bei der in normalen Zeiten in Oesterreich importierten und zum Teil verarbeitet wieder exportierten Handelsware kommt Gentiana Pannonica nicht in Betracht. Somit beschränkt sich der Verbrauch der geringen Mengen Radix gentianae pannonicae auf Oesterreich-Ungarn und hat event. noch in einzelnen angrenzenden Teilen Süddeutschlands (Bayrische Alpen? Böhmerwald?) lokale Bedeutung.

Gentiana purpurea, die nur in einzelnen Gebieten der Schweiz reichlich auftritt, wird daselbst schon seit langer Zeit gegraben. Bei der Herausgabe der Pharmacopoea Helvetica II. wurde dieser Umstand berücksichtigt und Gentiana purpurea, wie die seltenere Gentiana punctata neben Gentiana lutea zulässig erklärt. Wahrscheinlich war dies die Veranlassung, dass zehn Jahre später (im Jahre 1882) die Wurzeldrogen dieser Stammpflanzen neben der in Oesterreich seit 1812 offizinellen Radix gentianae pannonicae ebenfalls ins Deutsche Arzneibuch aufgenommen wurden.

Wie wenig aber heute Gentiana purpurea für den allgemeinen pharmazeutischen Gebrauch in Frage kommt, kann daraus gesehen werden, dass die Droge dieser typischen Schweizerpflanze nicht einmal für den schweizerischen Enzian-Handel von Bedeutung ist. Es ist den Bewohnern der Alpen schon längst bekannt, dass Wurzel und Wurzelstock des purpurroten Enzians von besonderem Wert und deshalb Gentiana lutea vorzuziehen ist. Diese Droge wird heute vielerorts aber meist nur zur Deckung des Eigenbedarfs gesammelt. Manchmal wird das Einsammeln tageweise als Nebenbeschäftigung betrieben. Ich traf in den Alpen Wurzelgraber, die mir versicherten, dass sie, wie viele Andere, nur die purpurrot blühende Pflanze graben, da sie diese Wurzel schon seit Jahren zum doppelten Preise und weit leichter verkaufen können, als die des gelbblühenden Enzians. Die gesammelten Wurzeln werden fast regelmässig an kleinere Brennereien verkauft oder von den Bauern zur Darstellung einer sehr bittern und wirksamen Tinctur benützt.

Die Tatsache, dass sich der Preis von Gentiana purpurea weit höher stellt als der für die Droge von Gentiana lutea, zeigt schon wie unwahrscheinlich es ist, dass diese geschätzte Wurzel überhaupt einmal in den Grosshandel gelangt, so lange wenigstens Gentiana lutea noch reichlich vorhanden und zu annehmbarem Preise zu erhalten ist. Trotzdem ist es nicht ausgeschlossen, dass in den Alpen einzelne Apotheker diese vorzügliche Droge direkt kaufen oder selbst sammeln, doch ist auch dann Gentiana purpurea nur für die Schweiz von praktischer Bedeutung.

Ob in Skandinavien auch heute noch der dort heimische purpurrote Enzian für den pharmazeutischen Eigenbedarf gegraben wird, konnte ich leider nicht in Erfahrung bringen.

Radix gentianae war früher stets und ist auch heute noch meist unter der Bezeichnung „Radix gentianae rubrae" im Handel. Man verstand hauptsächlich früher darunter eine Droge von rotbrauner Farbe und rötlichem bis braunrotem Bruch, sowie ziemlich starkem, angenehmem Geruch; Eigenschaften, die durch Fermentation der Wurzeln erreicht werden. Dies geschah und geschieht auch heute noch in geringerem Masstabe so, dass die frisch gegrabenen Wurzeln auf Haufen geschichtet und einige bis mehrere Tage liegen gelassen werden. Die Droge erwärmt sich und zeigt nach dem Trocknen die dunkle Farbe und den typischen Geruch.

Schon vor 30 Jahren wurde darauf hingewiesen (Lit. 11), dass das Fermentieren als Unfug zu betrachten sei, indem die Droge dadurch ein schöneres Aussehen und einen angenehmeren Geruch erhalte, dagegen an tatsächlichem Wert bedeutend verliere. Es wurde auch wiederholt festgestellt, dass der Gehalt an Bitterstoffen wie an Extraktivstoffen überhaupt, durch die Fermentation stark zurückgeht.

In neuerer Zeit wird die Trocknung mehr und mehr ohne vorausgehende Gährung durchgeführt. Es geschieht dies vielfach noch in einfacher Weise durch Reihung der frischen Droge an Drähte, die dann kreisförmig geschlossen und aufgehängt werden. Die dicksten Rhizom- und Wurzelstücke werden der Länge nach gespalten, was das Trocknen sehr beschleunigt.

Die sogenannte „fette" französische Ware ist verhältnismässig schwer zu trocknen. (Die im französischen und schweizerischen Jura und den Schweizeralpen gesammelte Droge gehört ebenfalls hieher). Diese frische Droge geht bei feuchter Witterung leicht in Fäulnis über oder wird schimmlig.

Die spanische Droge ist weniger „fett" und leichter zu trocknen. Nach Angaben von Drogen-Grosshäusern soll sie der französischen Ware an Extraktgehalt etwas nachstehen.

Vor 30 Jahren soll die Trocknung über Feuer auch in Frankreich noch vielfach angewendet worden sein; heute ist dieses Verfahren dort ganz verschwunden und, wie es scheint, nur noch in Bosnien erhalten. Diese über Feuer getrocknete Droge besitzt einen intensiven Rauchgeruch,

doch soll ihr Extraktgehalt so hoch sein, wie bei der normalen Handelsware, was dadurch begreiflich wird, dass die Wurzeln über Feuer bis 10 % mehr an Gewicht verlieren, als beim Trocknen an der Luft.

Der Gewichtsverlust beträgt beim normalen Trocknen 65—75 %. Dabei ist hervorzuheben, dass die frische Droge im Frühling bis zu 15 % mehr Wasser enthält, als im Spätherbst.

Neuerdings wird auch vorteilhaft in grösseren Dörranlagen mit warmer Luft getrocknet.

Das Einsammeln beschränkt sich im Frühling auf die Zeit unmittelbar nach der Schneeschmelze bis zur Entwicklung der Blätter (Mai); die Haupternte findet von Mitte August bis Oktober, resp. bis zum endgültigen Einschneien statt. Die Herbstware ist die beste, doch im Spätherbst an freier Luft nur schwer zu trocknen.

Die gegrabene, frische Wurzel muss auch vor starker Kälte geschützt werden, da sie etwa bei 7^0 Kälte gefriert, beim Auffrieren weich und schwammig wird und eine schlechte und unansehnliche Ware liefert.

Die Wurzelstöcke und Wurzeln werden beim Ausgraben nur oberflächlich von der ihnen anhaftenden Erde befreit. Während des Transportes und Trocknens fällt dann der Rest des eingetrockneten Humus so weit ab, dass auch die ungewaschenen Wurzeln nur noch grau bestäubt erscheinen.

Das Längsschneiden starker Drogenstücke beschleunigt das Trocknen deshalb sehr, weil neben dem Rindenparenchym besonders das grosszellige Mark sehr wasserreich ist und beim Eintrocknen bis auf $^1/_{10}$ des ursprünglichen Durchmessers schrumpft. Aehnlich verhält sich der zentrale Teil starker Wurzeln.

Der Unterschied in der Farbe zwischen Wurzel und Rhizom ist nach dem Trocknen viel weniger scharf ausgeprägt als bei der frisch gegrabenen Pflanze. Die getrocknete, nicht fermentierte Droge ist aussen gelbgrau bis dunkelbraun, im Querbruch schmutzig weiss bis hell gelbbraun, nie rot oder braunrot.

Beim Trocknen wird Wurzel und Rhizom tief längsrunzelig; die Querringelung verliert dabei etwas an Schärfe, ist aber noch deutlich erkennbar. Die gut getrocknete Droge ist hart, im Querbruch uneben, doch nicht faserig. Zu wenig getrocknete oder feucht gewordene Ware ist biegsam und zähe.

Zum Schlusse muss noch darauf hingewiesen werden, dass es für die Grossdrogenhäuser von Wichtigkeit ist, stets nur ganze Ware einzukaufen. Wie ich mich an einer grossen Zahl von Mustern aus verschiedenen Ländern überzeugen konnte, ist die meiste Pulvis-Ware des Grosshandels entweder stark verunreinigt und verfälscht oder aus minderwertiger, als Ganzdroge nicht mehr verkäuflicher Ware hergestellt.

Es ist tatsächlich keine Uebertreibung, wenn Döll (Lit. 27) bemerkt, dass das Pulver manchmal „wie eine zerstossene Drogensammlung erscheint."

HERKUNFT DER HANDELSWARE

Gentiana lutea. Die bedeutendsten Mengen liefern Nordspanien (Pyrenäen) und Südfrankreich (Seealpen). Die Droge kommt auf dem Seeweg von Spanien, weniger von Frankreich, besonders nach Hamburg und Triest.

Auf dem Landwege kommt unter anderem auch französische Ware über Genf und durch die Schweiz nach Deutschland und Oesterreich.

Dass seit einiger Zeit grössere Mengen aus dem westlichen Jura stammen, wurde bereits erwähnt.

In kleineren Mengen stammt die Droge aus verschiedenen Gebieten der Alpen, aus Dalmatien, Bosnien, Kroatien, Montenegro, den Karpathen und der Türkei.

Gentiana Pannonica. In kleinern Quantitäten wird Gentiana Pannonica in den österreichischen Alpen, im Böhmerwald und in den Karpathen gegraben.

ZUSAMMENFASSUNG DER RESULTATE

1. Zur Entwicklung der Pflanzen:

a) Von allen die offizinelle Radix gentianae liefernden Pflanzen bedarf bei gleichen Standortsverhältnissen und Höhenlagen Gentiana lutea der längsten Entwicklungsdauer bis zur Bildung des ersten Blütensprosses. Gentiana purpurea, punctata und Pannonica nehmen eine Mittelstellung zwischen Gentiana lutea und Gentiana asklepiadea ein, welch letztere bekanntlich alljährlich zur Blüte gelangt.

b) Normalerweise wird die Bildung von Blütensprossen bei Gentiana lutea mit zunehmender Höhenlage seltener.

c) Gesunde Wurzelstöcke von Gentiana lutea haben bei einem Alter von 40—60 Jahren in günstigem Boden ihren vegetativen Höhepunkt noch nicht überschritten. Entgegen Angaben in der Literatur konnte festgestellt werden, dass sich normalerweise keine Rhizomäste des alten Wurzelstockes frei machen, um als selbständige Pflanze weiter zuwachsen. Es zeigte sich dagegen, dass absterbende Rhizomstücke, vereinzelte Ausnahmen abgerechnet, stets äusserlich geschädigt waren (Wurmfrass).

2. Was **den äussern Bau** betrifft, so ist zu sagen, dass bei den frisch gegrabenen Wurzeln bezw. Wurzelstöcken von Gentiana purpurea, punctata und Pannonica gegenüber Gentiana lutea (auch abgesehen von der stark verschiedenen Mächtigkeit), einzelne geringe Unterschiede bestehen. (Vergleiche Morphologisches über die einzelne Planze). Die Unterschiede sind aber derart, dass sie beim Trocknen stark an Deutlichkei verlieren und dann für die Bestimmung der Stammpflanzen in den meisten Fällen nicht mehr in Frage kommen. Für Gentiana purpurea typisch bleibt oft das vielfach verzweigte und wagrecht liegende Rhizom, das meist frei von sekundären, rhizomständigen Wurzeln ist. Stets auffallend für den purpurroten Enzian ist seine sehr starke und lang anhaltende Bitterkeit, sowie der Oelgehalt.

3. In ähnlicher Weise wie bei dem äussern Aufbau werden durch das Trocknen auch die **anatomischen Verhältnisse** undeutlich. Immerhin bleiben einzelne Merkmale bestehen:

a) Der Oxalatgehalt ist besonders im Wurzelstock von Gentiana lutea ziemlich bedeutend, während Calciumoxalatkrystalle bei Gentiana purpurea, punctata und Pannonica meist überhaupt nicht, in einzelnen Fällen nur sehr spärlich vorhanden sind.

b) Für Gentiana punctata charakteristisch bleibt auch oft nach dem Trocknen die wenig- aber-scharfstrahlige, bis ins Innere der Wurzel intakte Anordnung der Gefässe.

c) Bei genauen Beobachtungen erscheinen auch die Gefässe von Gentiana purpurea, punctata und Pannonica gegenüber den Wurzeln von Gentiana lutea etwas mehr dem Netzgefässtypus zuneigend, doch ist dieser Unterschied nur bei intensiver Beobachtung zu erkennen.

4. Die offizinelle Droge ist nicht völlig frei von verholzten mechanischen Elementen, sie besitzt solche, weil der mechanische Ring jedes Blütenschaftes eine Fortsetzung ins Rhizom aufweist. Somit trifft man innerhalb jeder Sprossnarbe verholzte Zellgruppen, die sklerenchymatischen Charakter haben. Es kann deshalb beim Auffinden solcher Gruppen und Zellfragmente im Pulver nicht sofort auf irgend eine Verfälschung oder Verunreinigung geschlossen werden.

Aehnlich verhält es sich mit den grossen, regulären Oxalatkrystallen, die nur in vereinzelten Rhizomstücken vorkommen, dann aber besonders im Rindenteil so reichlich auftreten, dass sie auch gelegentlich im Pulver zu beobachten sind.

5. Wurzel und Wurzelstock von Gentiana asklepiadea lassen sich in ihrem äussern und innern Bau leicht von der offizinellen Droge unterscheiden.

Morphologische Unterschiede.

aa) Eigentümlich verzweigter, dorsiventraler Bau des meist horizontal wachsenden Wurzelstockes älterer Pflanzen: Auf der Unterseite zahlreiche lange, aber wenig mächtige Wurzeln, auf der Oberseite zahlreiche Blütenschaftsnarben, denen mehrfach

noch alte Stengelreste schon längst abgestorbener Blütensprosse anhaften, die manchmal in ziemlich regelmässigen Linien angeordnet sind.

bb) Gelbe Farbe des frischen, gewaschenen Wurzelstockes und seiner Wurzeln, die beim Trocknen dem Rhizom erhalten bleibt, während die Wurzeln dabei meist heller werden.

b. Unterschiede im innern Bau.

aa) Vorkommen verholzter Elemente in grössern Mengen. Diese sind im Querschnitt teils in Ringen, teils in Gruppen angeordnet, im Längsschnitt als weithin verlaufende Bänder sichtbar.

bb) Eigenartige Hautgewebe an Wurzel und Rhizom. Selten normaler Kork, meist einzellreihiges, aus kompliziert gebauten, verkorkten Zellen bestehender Mantel von intensiv gelber Farbe. (An der Wurzel: Endodermis; am Rhizom: Erste blattabschnürende Zellschicht).

cc) Gefässe. Im Querschnitt 5- bis 8eckig, von fast durchwegs gleichem Durchmesser; unregelmässig-vielstrahlig angeordnet; gegen das Kambium meist gehäuft.

Im Längsschnitt besonders der Wurzeln sind die Gefässe durch ihre fast stets regelmässige Treppenform ausgezeichnet.

dd) Massenhaftes Auftreten von Calciumoxalat (meist in Form von Nadeln), in den Wurzeln gewöhnlich etwas weniger häufig, als im Rhizom, doch in der noch kaum 1 mm. dicken Wurzel schon vorhanden.

6. Für die Bestimmung der Handelsware sehr wichtig ist die Tatsache, dass in normalen Zeiten der Grossteil der Droge aus Spanien, Frankreich und der Schweiz stammt, wobei als Stammpflanze nur Gentiana lutea in Betracht kommt.

7. Pharmokognostisch von geringer, lokaler Bedeutung ist für die Schweiz (und event. Skandinavien) die Droge von **Gentiana purpurea,** für Oesterreich-Ungarn diejenige von **Gentiana Pannonica.** Für alle übrigen Länder Europas würde die Aufnahme von Gentiana lutea als Stammpflanze genügen, da weder Gentiana purpurea noch Gentiana Pannonica für den Export in Frage kommt.

8. In Anbetracht der **geringen Verschiedenheit der anatomischen Verhältnisse** würde für alle Länder eine etwas

weiter gefasste Beschreibung von Gentiana lutea vollständig genügen.

9. Für den Text der Pharmakopöen müsste etwa nachstehende Auffstellung massgebend sein:

Gesunde, ohne vorausgehende Fermentation schnell und gut getrocknete Rhizome und Wurzeln von Gentiana lutea (für die Schweiz und event. Skandinavien noch Gentiana purpurea, für Oesterreich - Ungarn noch Gentiana Pannonica).

Das Rhizom ist gelbbraun, einfach bis mehrkopfig, geringelt und längsrunzelig, bisweilen mit Blattresten beschopft und vierzeilig angeordnete Knöspchen aufweisend. Die dickern Teile sind oft längsgespalten.

Die Wurzeln besitzen meist tiefe Längsfurchen, dagegen nur in ihren dickern Teilen schwach ausgebildete Querringe. Sie sind bis 4 cm dick und von gelber bis braungelber Farbe.

Rhizom und Wurzeln sind hart, von unebenem, weder faserigem noch mehligem Querbruch. Die Bruchfläche ist schmutzig geblich-weiss bis hell gelbbraun. Das Kambium tritt gewöhnlich als etwas dunklere Linie hervor.

In Wasser gelegt quillt die Droge stark und wird biegsam und zähe.

Das mikroskopische Bild: Aussen wenigzellreihiger, schwach verholzter Kork. Der äussere Rindenteil und das Mark bestehen zum grössten Teil aus grosszelligem, gelockertem Parenchym, dessen Zellwände in Wasser stark quellen.

Die Gefässe stehen im Rhizom vereinzelt oder in kleinen Gruppen beisammen und bilden meist gegen das Kambium hin an Deutlichkeit zunehmende, konzentrische Reihen.

In der Wurzel liegen die Gefässe im innern Holzteil zerstreut, sind jedoch gegen das Kambium hin fast stets unregelmässig vielstrahlig angeordnet.

Siebröhrengruppen kommen über den ganzen Querschnitt zerstreut vor, doch sind sie im jüngern Rindenteil und Mark besonders häufig anzutreffen.

Die strahlige Anordnung der Zellen ist vom Kambium nach innen und aussen meist ziemlich weit erkennbar.

Mechanische, verholzte Elemente finden sich innerhalb der Blütensprossnarben als Ausläufer des mechanischen Ringes des Blütenschaftes.

Das aufgehellte Bild lässt in den Wurzeln geringe, in den Rhizomen meist reichlichere Mengen von Oxalatkrystallen in Form kleiner Nadeln und monokliner Täfelchen, seltener auch grosse Oktaëder und Würfel erkennen; daneben zeigen sich ölartige Tröpfchen.

Stärke tritt selten und nur in geringen Mengen auf.

Enzianwurzel riecht eigentümlich und schmeckt stark und anhaltend bitter.

Die gepulverte Droge: Das gelbbraune Pulver besteht grösstenteils aus in Wasser quellenden Parenchymfetzen, und unregelmässig netzförmig verdickten Gefässfragmenten.

Korkstücke und mechanische Elemente sind nur in geringen Mengen vorhanden.

Mit Schwefelsäure treten meist reichlich Gipsnadeln auf; zugleich treten auch die Oeltropfen deutlich hervor.

LITERATUR

1. O. Berg. Pharmazeutische Waarenkunde. 1. Teil; Pharmakognosie des Pflanzenreiches. Berlin 1857.
2. O. Berg. Anatomischer Atlas zur Pharm. Waarenkunde. Berlin 1865.
3. Christ und Jaloux. Plantes officinales et plantes à drogues médicamenteuses. Paris 1918.
4. Cæsar und Loretz. Jahresbericht 1913.
5. Christ. Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879.
6. G. Dragendorff. Die Heilpflanzen der verschiedenen Völker und Zeiten. Stuttgart 1898.
7. Engler-Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig 1898.
8. F. A. Flückiger. Pharmakognosie d. Pflanzenreiches. Berlin 1891.
9. E. Hallier. Flora von Deutschland. Gera 1884.
10. Hartwich und Uhlmann. Das angebliche fette Oel der Gentianawurzel. Archiv der Pharmazie 1902.
11. Helfenbergs Annalen. 1888.
12. Jerosch. Geschichte und Herkunft der schweizer. Alpenflora. Leipzig 1903.
13. G. Karsten. Lehrbuch der Pharmakognosie d. Pflanzen. Jena 1903.
14. H. Karsten. Deutsche Flora. Berlin 1880—1883.
15. H. Kerner. Pflanzenleben II. Leipzig und Wien 1898.
16. L. Koch. Die mikroskopische Analyse der Drogenpulver. Band II. Leipzig 1903.
17. L. Koch. Pharmakognostischer Atlas Band II. Leipzig 1914.
18. Köhler. Medizinalpflanzen. II. Gera.
19. R. Lochmann. Vergleichende Untersuchungen über kultivierte und wilde Enzianwurzeln. Pharm. Zeitung 1910.
20. Arth. Meyer. Ueber Gentiana lutea und ihre nächsten Verwandten. Archiv der Pharmazie 1883.
21. Roux. Rapports des plantes avec le sol. Paris 1900.
22. E. W. Schmidt. Bau und Funktion der Siebröhre der Angiospermen. II. Teil. Die Funktion der Siebröhre. Jena 1917.
23. C. Schröter. Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908.
24. Solereder. Systematische Anatomie der Dicotyledonen: Stuttgart 1899.
25. Solereder. Dasselbe: Ergänzungsband. Stuttgart 1908.
26. Solms. Die leitenden Gesichtspunkte der allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig 1905.
27. A. Tschirch. Handbuch der Pharmakognosie. Leipzig.
28. O. Tunmann. Pflanzenmikrochemie. Berlin 1913.
29. E. Warming. Oekologisches Lehrbuch der Pflanzengeographie. Berlin 1918.
30. C. Wehmer. Die Pflanzenstoffe. Jena 1911.
31. A. Vogl. Ueber einige aktuelle Drogenfälschungen nebst Beiträgen zur Kenntnis des Vorkommens von Kalkoxalat bei Gentianaceen. Zeitschrift des allgem. österr. Apothekervereins 1903.
32. H. Zörnig. Arzneidrogen; I. Teil. Leipzig 1909.

INHALTS-ÜBERSICHT

1. Einleitung 5

2. Gentiana lutea L.

Verbreitung 9
Standortsverhältnisse 9
Der äussere Bau 9
Alter der Pflanze 18
Die blühende Pflanze 19
Pflanzenschädigungen 20
Der innere Bau des Wurzelstockes 24
Das mikroskopische Querschnittsbild 27
Längsschnitt — Kork 28
Kollenchym — Rindenparenchym — Gefässe . . 29
Blattspurbündel 30
Mark — Siebröhrengruppen 31
Ersatzfasern 34
Mechanischer Ring 34
Das sogenannte „Oel". — Kalkoxalat 38
Stärke 39
Anatomie der Wurzel 39

3. Gentiana purpurea L.

Verbreitung und Standortsverhältnisse 43
Der äussere Bau 43
Der innere Bau 48

4. Gentiana punctata L. 51

5. Gentiana Pannonica Scop. 54

6. Gentiana asklepiadea L. 56

7. Handelsware 65

8. Zusammenfassung der Resultate 73

9. Literaturverzeichnis 78

10. Figuren und Figurtexte 81

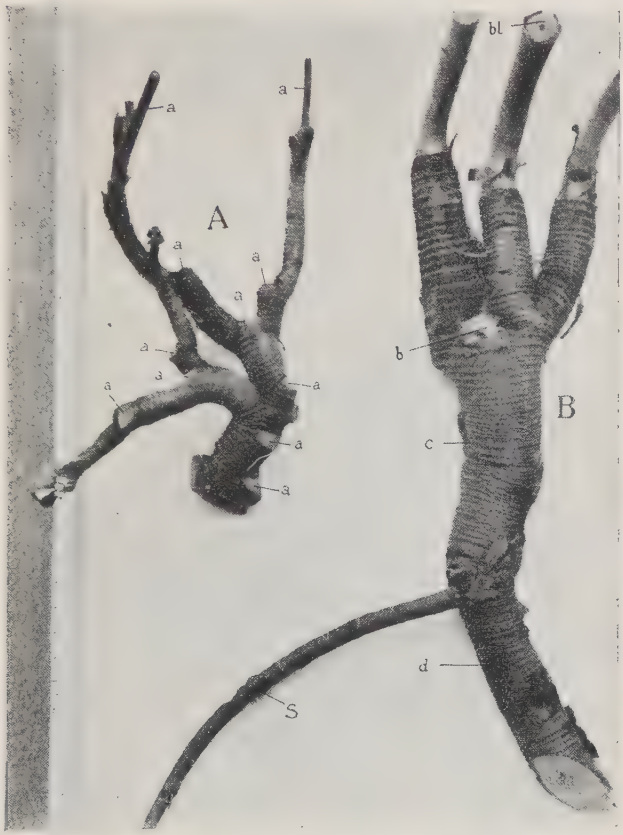


Fig. 1 (ca. $^1/_3$)

Grössenverhältnis eines Rhizoms von Gentiana lutea (B) zu demjenigen einer etwa gleichaltrigen, zahlreiche Blütenschaftsnarben (a) besitzenden Pflanze von Gentiana purpurea (A).

Die beiden Wurzelstöcke wurden in demselben Gebiet auf 1950 m Höhe gegraben. Die drei palissadenförmig nebeneinanderstehenden Rhizomäste von Gentiana lutea sind von den ineinanderliegenden Blattscheiden (bl) gekrönt. (b) Einzige Sprossnarbe des Rhizoms des gelbblühenden Enzians; (c) letzte im Boden stehende Zone des Rhizoms; (d) deutlich geringelter Wurzelteil; (s) angefressener Rindenteil an der einzigen sichtbaren Nebenwurzel.

Vielköpfiges Rhizom mit zahlreichen stärkeren und schwächeren, im Boden fast wagrecht gelegenen Wurzeln. Zu Be-

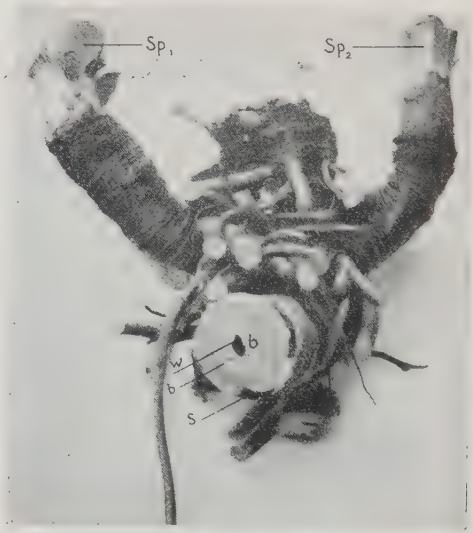
ginn der Vegetationsperiode (20. April) gegraben. Der einzige eingetrocknete Blütenschaft des Vorjahres ist noch erhalten

Fig. 2 (ca. $^1/_8$)

Das Rhizom wie Fig. 2. Die fast weissen Knospen stehen in der ersten Frühjahrsentwicklung. K^1 bis K^3 junge Seitenknospen des Rhizom-Stückes, das auf Fig. 2 noch

Fig. 3 (ca. $^3/_7$)

den vorjähr. Blütenschaft trägt. Auffallend ist der Unterschied in d. Farbe zwischen dem dunkelbraunen Wurzelstock und den jungen, weissen, hochrhizomständigen Wurzeln.



Fig, 4 (ca. $^{2}/_{7}$)

Breites, in der Richtung der Längsachse gestauchtes Rhizom, Sp.[1] und Sp.[2] untere Teile der blühenden Sprosse. (h) mächtige, sekundär entwickelte Wurzel, vom Wurmfrass im Innern (w), ebenso im Rindenteil (s) geschädigt. Von unten gesehen.

Fig. 5 (ca. $^{2}/_{7}$)

Dasselbe Rhizom wie Fig. 4, von schräg oben. Sp.^{2} und Sp.^{1} untere Teile der hohlen Blütensprosse; b^{2} und b^{1} verkümmerte Vegetationspunkte; d dichotom verzweigte Wurzel. Auf der Oberfläche des Rhizoms sind einzelne alte Sprossnarben sichtbar.

A.

Aelteres, geneigt gewachsen., vom Wurmfrass bis zu den Vegetationspunkten gestört. Rhizom, das im Absterben begriffen. Stark ausgebildetes, hoch rhizomständiges Wurzelbündel.

Fig. 6 (ca. $^1/_5$)

B.

Senkrecht stehendes, vielköpfiges Rhizom, dessen Aeste bündelförmig aneinanderliegen. Beginnende Entwicklung rhizomständiger Wurzeln.

Fig. 7 (ca. ¼)

Rhizomkopf mit jungen, aus zwei neuen, seitlichen Vegetationspunkten hervorgegangenen Blattanlagen. Dazwischen Rest des vorjährigen Blütenschaftes.

Fig. 8 (Cat. No.)

Gentiana lutea an natürlichem Standort zur Blütezeit.
(Ende Juni auf einer Höhe von 850 m.)

Fig. 9 (ca. $^1/_3$)

Im Dezember gegrabenes Rhizom mit Wurzeln.
Alter und junger Rhizomteil in natürlicher Lage.

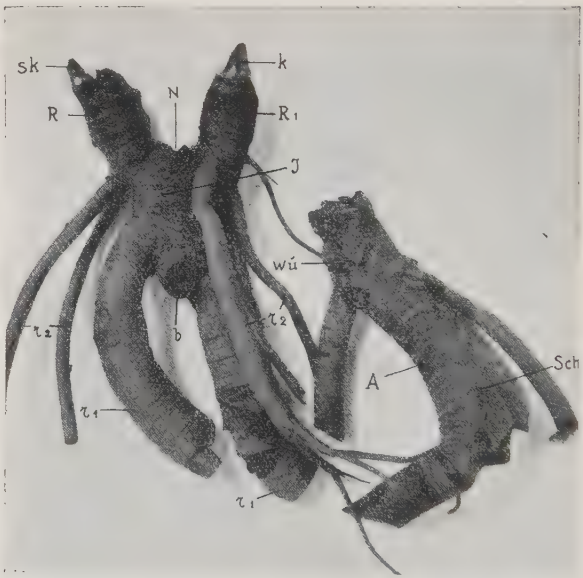


Fig. 10 (ca. $^1/_3$)

Dasselbe Rhizom wie Fig. 9. A alter Rhizomteil; J junger Rizomast; die beiden Teile sind bei b getrennt und nebeneinandergelegt. — Der alte Rhizomteil ist sowohl an der Spitze (wu), wie seitlich (sch) zerfressen. N Sprossnarbe; K Knospe (schon im Winter entwikkelt); Sk Seitenknospe. r_1 Wurzeln des jungen Rhizomteils; r_2 jüngste rhizomständige Wurzeln.

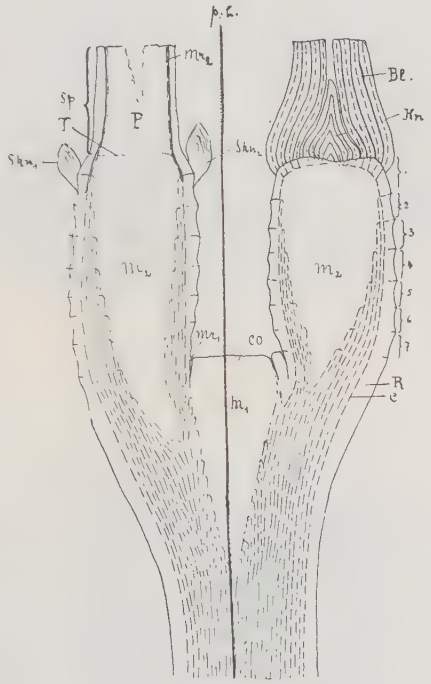


Fig. 11.

Fig. 12.
(ca. 7 mal vergrössert)

Fig. 13.
(ca. 35 mal vergrössert)

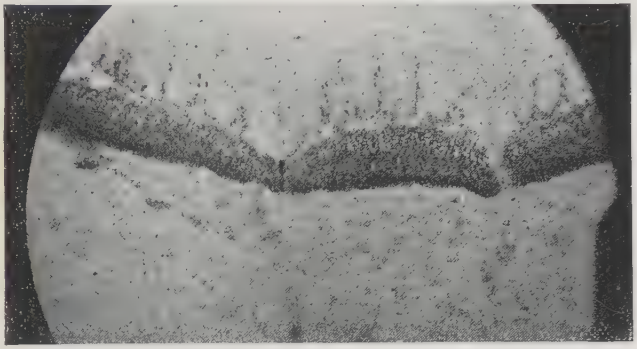


Fig. 14.
(ca. 7 mal vergrössert)

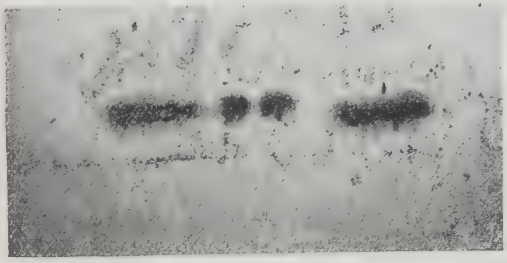


Fig. 15.
(ca. 7 mal vergrössert)

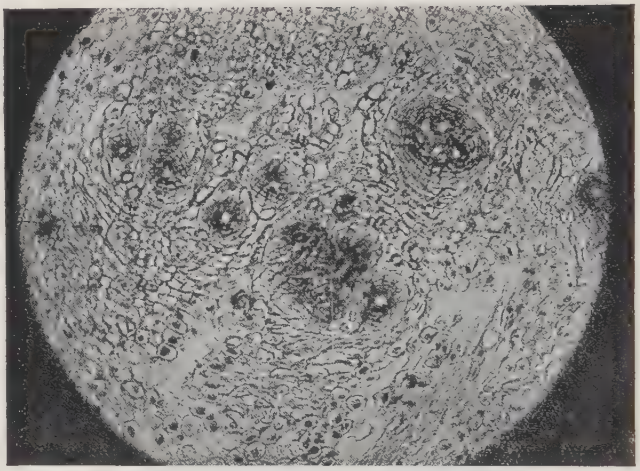


Fig. 16.
(ca. 35 mal vergrössert)

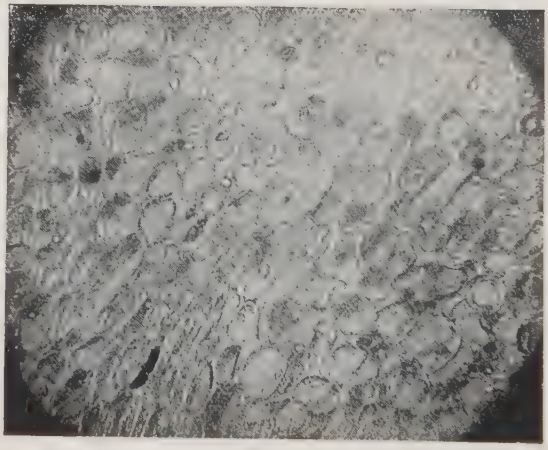


Fig. 17.
(ca. 110 mal vergrössert)

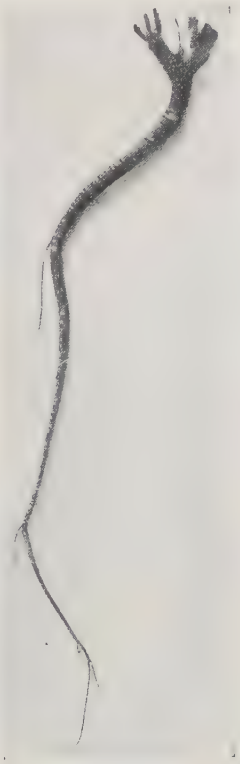


Fig. 18.
(ca. 1/8 natürlicher Grösse)

Fig. 19.

Liegender Rhizomkopf von schräg oben mit zugehörigem Wurzelsystem (ca. $^{8}/_{10}$ natürl. Grösse)

Fig. 20.
(ca. ¼ natürlicher Grösse)

Fig. 21.
(ca. ¼ natürlicher Grösse)

Fig. 22.
(ca. $1'_6$ natürlicher Grösse)

Fig. 23.
(ca. $^1/_6$ natürlicher Grösse)

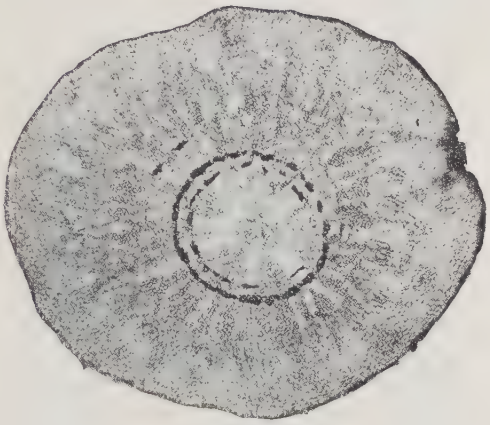


Fig. 24.
(ca. 7 mal vergrössert, Text Seite 64)

Fig. 25.
(ca. 35 mal vergrössert, Text Seite 64)

VITA

Geboren wurde ich, René Osterwalder, am 28. August 1891 in Erlinsbach bei Aarau als Sohn des Zuschneiders Rudolf Osterwalder von Stettfurt (Thurgau) und dessen Gattin Luise geb. von Arx.

Ich besuchte die Gemeinde- und Bezirksschulen von Aarau, wohin meine Eltern 1892 übersiedelt waren und trat 1905 ins Gymnasium von Einsiedeln ein.

Nach bestandener Maturität im Juli 1911 begann ich in der Sevogelapotheke in Basel meine Lehre. Im Frühjahr 1914 bestand ich die pharmazeutische Gehilfenprüfung und verbrachte hierauf mein Assistentenjahr in der Pharmacie Cuérel in Morges am Genfersee. Nachher kehrte ich nach Basel zurück, wo ich zu Beginn des Februar 1917 mein Staatsexamen als Apotheker bestand und sogleich mit der Dissertation begann, die im Juni 1918 vollendet wurde.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Praktika der Herren Professoren und Dozenten: Alb. Burckhardt, J. L. Burckhardt, Beuttner, Fr. Fichter, A. Hagenbach, Kreis, H. Rupe, C. Schmidt, G. Senn, H. Zörnig und Zschokke.